

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Paulo Daniel Moreira da Silva

**Implementação de sistema de gestão da
manutenção para equipamentos industriais
em unidade de produção de componentes
automóveis**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica

Energia e Ambiente

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor Doutor Nuno Miguel Magalhães Dourado

Setembro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à empresa Preh Portugal, Lda. pela oportunidade, em especial ao Engenheiro José Santos e ao Jorge Lemos, pelo seu acolhimento, orientação, sugestões ao longo do trabalho desenvolvido. Aproveito para agradecer aos restantes membros da equipa, que sempre estiveram disponíveis para me ajudar e por toda a simpatia demonstrada.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Nuno Miguel Magalhães Dourado, pela sua orientação, partilha de conhecimentos e propostas de melhoria, que se tornaram fundamentais para a conclusão da Dissertação.

À Universidade do Minho e ao Departamento de Engenharia Mecânica o meu especial agradecimento por todos os anos de ensino. Aproveito para agradecer a todos os docentes pelo apoio prestado e conhecimentos transmitidos, que contribuíram de forma positiva para a minha formação.

Aos colegas de curso e amigos, em especial Diogo, Filipe, Gonçalo, Pedro e Pedro, pela vossa amizade desde o primeiro ano, companheirismo em todos os momentos partilhados, que irei lembrar para sempre como as minhas melhores recordações académicas.

Por último, agradeço à minha família, em especial à minha mãe, Florbela, sem ela nada disto teria sido possível! Ao meu irmão e aos meus avós, obrigado por todo o acompanhamento nesta longa jornada, por todos os esforços que fizeram, o apoio em todos os momentos, por sempre terem acreditado em mim. À Sara, por toda a motivação ao longo desta dissertação, pela serenidade que me transmitiu, pelo facto de ser a pessoa incrível que é, e por tudo o que representa para mim.

A todos, o meu mais sentido obrigado!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Atualmente, o Departamento da Manutenção ocupa um lugar de destaque na maioria das indústrias, pelos benefícios que advêm da sua função. Para tal, é imperativo que a implementação dos planos de manutenção preventivos sejam os mais eficiente possível, de maneira a promover a produção contínua dos produtos, sem desperdícios. Neste âmbito, surge na Preh Portugal, Lda. um problema relacionado com a gestão da manutenção da empresa, nomeadamente, a existência de um excesso de tipologias existentes nas diferentes *checklists*, o que se traduz numa ineficiência da atividade da manutenção na área da montagem. Face às diversas tipologias gera-se um problema de desperdício de tempo, quer na criação dos planos de manutenção preventivos, quer na execução dos mesmos, originando custos avultados de operação.

O presente trabalho consiste no estudo e desenvolvimento de uma metodologia capaz de agilizar e melhorar significativamente o processo de criação de listas de tarefas, colmatando os problemas existentes, tendo em vista a implementação eficaz da manutenção de cariz preventivo. Adicionalmente, procede-se à análise da forma como os indicadores de desempenho evoluem com essa mudança.

Numa primeira fase, efetua-se um levantamento de temas essenciais para abordar o tópico da Manutenção. De seguida, descreve-se detalhadamente os *softwares* utilizados para a monitorização e gestão dos dados da empresa que aqui se apresentam. Numa segunda fase, explicita-se a situação da empresa antes das alterações efetuadas e quais as transformações que se realizaram, descrevendo detalhadamente todo o processo que deu origem aos resultados obtidos. Numa terceira fase, realiza-se uma análise pormenorizada aos indicadores de desempenho utilizados na organização, designadamente, à disponibilidade, ao tempo médio entre avarias, ao tempo médio de reparação e ao tempo médio para assistência. Nesta, ainda se aborda outra problemática na divisão da Manutenção – a disponibilidade do primeiro turno. Por último, tecem-se considerações finais, revelando que a solução final das *checklists* se apresenta como uma mais-valia para o processo da manutenção preventiva.

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção, planos de manutenção, *checklists*, indicadores de desempenho, disponibilidade

Abstract

Currently, the Maintenance Department occupies a prominent place in most industries, due to the benefits that come from its function. To this end, it is imperative that the implementation of preventive maintenance plans be as efficient as possible, in order to promote the continuous production of products, without waste. In this context, a problem arises in Preh Portugal, Lda. related to the maintenance management, namely the existence of an excess of typologies existing in the different checklists, which resulted in an inefficiency of the maintenance activity in the assembly area. So, a problem of wasting time is generated in the creation of preventive maintenance plans as well as in the execution of them, resulting in high operating costs.

The present work consists of the study and development of a methodology capable of streamlining and improving the process of creating task lists, rectifying the existing problems, with the aim to implement an effective preventive maintenance plan. Additionally, the analysis of how the key performance indicators evolve through this change is performed.

In the first phase, a survey of the essential topics is carried out to approach the topic of Maintenance. In addition, it is described the software used for monitoring and managing the company's data. In a second stage, the situation of the company is explained prior to the changes made and the transformations that took place after that, describing in detail the entire process that gave rise to the results that have been obtained. In a third phase, a detailed analysis of the key performance indicators used in the organization is performed, namely, the availability, mean time between failures, mean time to repair and the mean time to acknowledge. In this stage, it is also discussed another issue in the Maintenance division - the availability of the first shift. To conclude, final considerations are made, revealing that the final solution of the checklists presents itself as an advantage for the process of preventive maintenance.

Keywords

Maintenance, maintenance plans, checklists, key performance indicators, availability

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação e objetivos	1
1.3. Estrutura do relatório.....	2
1.4. Identificação da empresa	3
1.4.1. Preh Portugal, Lda.....	4
2. Manutenção Industrial.....	7
2.1. Evolução da atividade da manutenção	7
2.1.1. Primeira geração	7
2.1.2. Segunda geração.....	7
2.1.3. Terceira geração.....	8
2.2. Definição de manutenção	9
2.3. Tipos de manutenção	9
2.4. Níveis de manutenção	11
2.5. Prioridade das ordens de trabalho	12
2.5.1. Grau de urgência	12
2.5.2. Grau de criticidade	12
2.5.3. Nível hierárquico do solicitante.....	13
2.6. Custos de manutenção.....	13

2.7.	Estrutura de manutenção nas empresas	15
2.7.1.	Manutenção centralizada	16
2.7.2.	Manutenção descentralizada.....	16
2.7.3.	Organização da estrutura na Preh Portugal	17
2.8.	Metodologias de suporte à gestão da manutenção	18
2.8.1.	Total Productive Maintenance	18
2.8.2.	Reliability Centered Maintenance	21
2.9.	Indicadores de desempenho.....	23
2.9.1.	Taxa de avaria e Tempo Médio Entre Avarias.....	23
2.9.2.	Tempo Médio de Reparação	24
2.9.3.	Tempo Médio Para Assistência	25
2.9.4.	Disponibilidade	25
2.10.	Overall Equipment Effectiveness	26
2.10.1.	Fatores do OEE.....	26
3.	<i>Softwares</i> utilizados.....	29
3.1.	SAP ERP (Enterprise Resource Planning)	29
3.2.	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	30
4.	Planos de Manutenção	35
4.1.	Exposição do caso de estudo.....	35
4.2.	Abordagem Adotada	36
4.2.1.	Dispositivos	42
4.2.2.	Linha Flex EOL	45
4.2.3.	Pratos Rotativos.....	47
4.3.	Planos com estratégia MANU03 e MANU04.....	50
4.4.	Comparativo do “antes” e “depois” de uma <i>checklist</i>	51
5.	Indicadores de Desempenho	53

5.1.	Introdução	53
5.2.	Disponibilidade.....	54
5.3.	Tempo Médio Entre Avarias e Tempo Médio de Reparação	58
5.4.	Tempo Médio Para Assistência	59
5.5.	Análise da Disponibilidade do 1º turno.....	62
6.	Conclusões e Trabalhos Futuros	71
6.1.	Considerações finais	71
6.2.	Trabalhos Futuros	72
7.	Bibliografia.....	74
ANEXO 1 – <i>Layout</i> produtivo da área da Montagem da Preh Portugal		77
ANEXO 2 – Folha de <i>Excel</i> com as modificações das <i>checklists</i>		78
ANEXO 3 – Ordem de manutenção exemplificativa.....		79
ANEXO 4 – Divisão das linhas produtivas da área da montagem		87

Índice de Figuras

Figura 1 – Evolução do volume de receitas e número de trabalhadores no Grupo Joyson Ningbo.	3
Figura 2 - Instalações da Preh Portugal, Lda.	4
Figura 3 - Evolução do conceito da manutenção, (Moubray, 1997).	8
Figura 4 - Tipos de manutenção.....	11
Figura 5 - Iceberg de custos da manutenção, (Cabral, 2006).....	14
Figura 6 - Relação entre os diversos custos e a quantidade de manutenção adaptado de (Niebel, 1994).	15
Figura 7 - Pilares do TPM, (Borris, 2006)	20
Figura 8 - Esquema representativo do OEE, incluindo todos os índices envolvidos.....	27
Figura 9 - Aplicação Process Information System existente na Preh Portugal.....	30
Figura 10 - OEE da área de montagem da Preh Portugal.	31
Figura 11 - OEE de uma linha da área da Montagem, com os respetivos cálculos e gráficos, num determinado período de tempo.	32
Figura 12 - Exemplo de um query no programa "SQL Server Management Studio"	33
Figura 13 - Listas de tarefas de processos realizadas numa primeira instância.	37
Figura 14 - Lista de tarefas para o processo "Eixo Elétrico IAI", realizado na ferramenta informática Word.	38
Figura 15 - Exemplo do número de "Operação" e "Suboperação" no programa SAP.....	40
Figura 16 - Listagem das checklists com o respetivo número e nome de Operação.....	40
Figura 17 - Exemplo de uma Operação com mais do que uma Suboperação.	41
Figura 18 - Exemplo de um Dispositivo, nomeadamente, OP240 da linha ZBE 3 (BMW).	42
Figura 19 - Checklist base para os Dispositivos (483_1).....	43
Figura 20 - Exposição do Grupo Lista de Tarefas 483, com todas as checklists para os dispositivos. ...	44
Figura 21 – Exemplo de linha flex EOL, nomeadamente, linha flex EOL da V408 (Ford).	45
Figura 22 - Checklist base para as Linhas Flex EOL (479_2)	46
Figura 23 - Exposição do Grupo Lista de Tarefas 479, com todas as checklists para as linhas flex EOL.	46
Figura 24 - Exemplo de um Prato Rotativo, nomeadamente, Prato Rotativo EOL da linha ZBE 3 (BMW).	47
Figura 25 - Comparativo entre checklists base do Prato Rotativo Montagem e do Prato Rotativo EOL.	48

Figura 26 – Exposição do Grupo Lista de Tarefas 480, com todas as checklists para os pratos rotativos.	49
Figura 27 - Lista de tarefas (480_3) do Teste Prato Rotativo, antes de efetuar as alterações.	51
Figura 28 - Lista de tarefas (480_3) Prato Rotativo EOL, após efetuadas as alterações.	52
Figura 29 - Evolução da Disponibilidade na PP desde o início do ano 2020 até julho do mesmo ano.	54
Figura 30 - Indicador de disponibilidade das piores linhas produtivas do mês de junho.	55
Figura 31 – Indicador de disponibilidade das piores linhas produtivas do mês de julho.	57
Figura 32 - Evolução do MTBF e MTTR ao longo do ano nas linhas de montagem da Preh Portugal.	58
Figura 33 - Tempo médio para assistência (MTTA) das linhas produtivas da montagem, em fevereiro.	60
Figura 34 - Tempo médio para assistência (MTTA) das linhas produtivas da montagem, em julho.	61
Figura 35 - Valores do indicador de disponibilidade para os diferentes turnos da equipa de manutenção da Preh Portugal.	62
Figura 36 - Número de intervenções pelos respetivos turnos, no mês de julho.	63
Figura 37 - Distribuição das intervenções pelos quatro subgrupos do 1º turno, do mês de julho.	64
Figura 38 - Taxa de esforço por hora dos quatro subgrupos do primeiro turno.	65
Figura 39 - Distribuição das intervenções pelos quatro subgrupos do período crítico (6h-8h), do mês de julho.	66
Figura 40 - Taxa de esforço por meia hora dos quatro subgrupos do período crítico.	67
Figura 41 - Número de intervenções às linhas no período das 6 horas até às 8 horas.	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Análise da taxa de esforço por turno do mês de julho.	63
--	----

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

PP – Preh Portugal, Lda.

TPM – *Total Productive Maintenance*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

JIMP - *Japan Institute of Plant Maintenance*

KPI – *Key Performance Indicators*

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time To Repair*

MTTA – *Mean Time To Acknowledge*

SQL – *Structured Query Language*

EOL – *End of Line*

RED – Recuperação Específica da Disponibilidade

CS – *Center Stacks*

ZBE – “Zentrales Bedienelement” – *Central Control Element*

BZM – “Bedien Zentrum Mittelkonsole” - *Operating unit center console*

1. Introdução

Este capítulo apresenta o enquadramento do projeto desenvolvido, seguindo-se os objetivos a atingir, bem como a motivação. Será apresentada a estrutura elaborada para este documento, mostrando, de uma forma sucinta, o que se poderá encontrar em cada capítulo.

Por fim, é feita uma contextualização do grupo onde foi realizado o estágio curricular, focado na empresa onde o mesmo foi realizado.

1.1. Enquadramento

No âmbito da unidade curricular Dissertação do MIEMEC - Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica - foi realizada uma dissertação em empresa no departamento da Manutenção da organização Preh Portugal, Lda., sendo esta um documento que pretende descrever todas as atividades desenvolvidas no decorrer deste trabalho.

1.2. Motivação e objetivos

Com esta dissertação pretende-se desenvolver um protocolo que possibilite aumentar a eficiência das atividades programadas no contexto da manutenção de equipamentos eletromecânicos de uma unidade fabril de produção de componentes Eletrónicos (HMI), do ramo automóvel, numa ferramenta informática de gestão da manutenção existente na empresa.

Pretende-se solucionar um conjunto de problemas relacionados com a gestão da manutenção da empresa (Preh Portugal, Lda.), designadamente a existência de um excesso de tipologias de manutenção existentes no sistema informático, que se traduz numa ineficiência da atividade de manutenção. A intenção de proceder à recolha e posterior organização desta informação, tendo por propósito a sua simplificação (i.e., número de tipologias existente) permitirá alcançar ganhos de eficiência muito consideráveis neste processo. Um dos principais desafios nesta atividade consiste em implementar sistemas de leitura de dados a partir do histórico de avarias existente na empresa, de forma eficiente e rápida. Esta operação será desempenhada recorrendo ao módulo existente na ferramenta informática de gestão de manutenção atualmente existente na empresa. Por outro lado, pretende-se implementar de forma eficaz a manutenção de cariz preventivo, o que, segundo a empresa, possibilitará simplificar processos e reduzir custos de operação.

Outro aspeto importante tem que ver com a intenção de se realizar alterações no documento que sistematiza as operações de manutenção da empresa - conhecido por *checklist* -, por forma a tornar os procedimentos de manutenção mais acessíveis ao levantamento posterior de dados. Com estas ações, poder-se-á desenvolver modelos de gestão de manutenção mais eficientes, tirando partido da simplificação das classificações das tipologias de avarias existentes, tornando assim possível gerir os períodos de paragem de uma forma mais eficiente.

Ao longo do trabalho serão avaliados alguns indicadores relevantes em Manutenção de sistemas produtivos, como são o tempo médio entre falhas (MTBF); o tempo médio para reparação (MTTR); tempo médio para assistência (MTTA) e a disponibilidade (D).

1.3. Estrutura do relatório

Neste tópico será abordada a estrutura do relatório. Este encontra-se organizado em 6 capítulos, onde se aconselha que sejam lidos pela mesma ordem que se encontram expostos, de modo a que o leitor compreenda a sequência lógica de todo o projeto.

Inicialmente, na introdução é realizado um enquadramento, os objetivos e motivação para a dissertação. Efetua-se uma introdução quer ao grupo Preh, como à empresa em Portugal. É também abordada a estrutura do documento.

No capítulo dois, é efetuada a revisão bibliográfica onde se analisam livros com informações e fundamentos teóricos necessários para os temas abordados, como forma de integrar o leitor para o tópico da manutenção.

Seguidamente, são apresentados os *softwares* utilizados nesta dissertação, para se conseguir realizar a gestão da manutenção.

No capítulo quatro, é apresentada a transformação realizada no Departamento da Manutenção respeitante aos planos de manutenção. Apresentando o ponto inicial em que se encontravam e a explicitação das modificações efetuadas.

No capítulo seguinte, abordam-se os indicadores de desempenho. Neste é realizada uma análise aos principais indicadores de desempenho, bem como é concretizado um estudo de um problema atual da divisão da Manutenção.

Por último, realiza-se a análise e discussão do trabalho desenvolvido, mencionando propostas de trabalhos futuros.

1.4. Identificação da empresa

O *Preh Group*, atualmente, é um dos maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel, com vendas de 1319 M€ em 2018 com 7206 trabalhadores espalhados por todo o grupo, Figura 1.

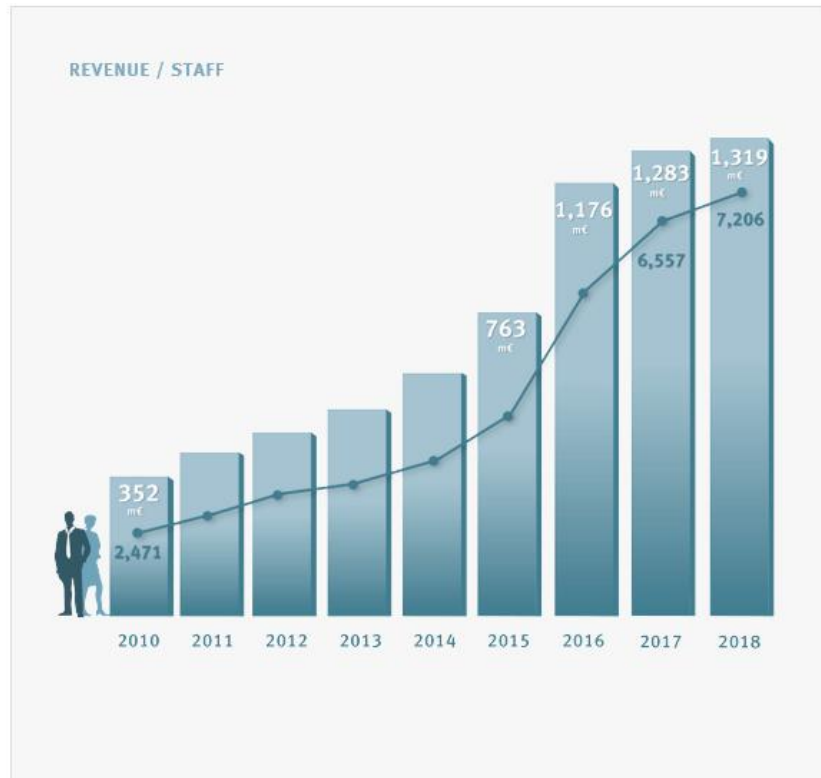


Figura 1 – Evolução do volume de receitas e número de trabalhadores no Grupo *Joyson Ningbo*.

Fundado em 1919, com sede em Neustadt a. d. Saale (Alemanha), na sua origem fabricava componentes elétricos e acessórios, tendo sido responsável pela criação de um recetor rádio, (Preh, 2020).

Em meados da década de oitenta, a empresa conheceu uma evolução muito significativa, tendo iniciado a produção de componentes para a indústria automóvel, mais especificamente, sistemas de aquecimento mecânico/eletrónico e controlo da temperatura. Em 1993, a *Rheinmetall Berlin AG* compra o grupo *Preh*, passando em 2000 a ter um volume de negócios de 220 m€ e 1970 funcionários na Alemanha e nas restantes instalações. Naquela data o foco da empresa era soluções mecatrónicas inteligentes.

Desde 2011, a empresa faz parte do Grupo *Joyson Ningbo*. Está comprometida com a investigação, desenvolvimento e produção de sistemas inteligentes de controlo para automóveis, a sua mobilidade

eletrónica e componentes automóveis de alta qualidade, como os atuais e mais sofisticados *infotainment* que equipam os veículos.

Nos dias de hoje, a *Preh* tem cerca de 7200 colaboradores em diversos locais do mundo, tais como: Alemanha, Suécia, Roménia, Portugal, México e China.

1.4.1. Preh Portugal, Lda.

A Preh Portugal, Lda (PP) é uma sociedade por quotas, fundada em 1969 e representada pelos Gerentes António Lima e José Mendes. Com as suas instalações, Figura 2, localizadas na zona industrial Vale do Ave, no concelho da Trofa, a PP representa um importante contributo na dinamização económica e social da região, empregando em média nos últimos anos cerca de 550 trabalhadores, contando, no presente, com 1040 colaboradores, (Manual do Colaborador , 2018).



Figura 2 - Instalações da Preh Portugal, Lda.

Assim como outras empresas do grupo, a PP já se dedicou à produção de componentes para rádios, TVs e vídeo, passando por montagem de cabos para a multinacional IBM, até que em 1992 começou a produzir para a indústria automóvel. A partir de 2011, concentrou toda a atividade na eletrónica automóvel, ocupando o primeiro lugar como unidade produtiva do grupo, quer em atividade, produtividade e competitividade dos seus produtos. Os principais produtos fabricados são: painéis de

comando de climatização, painéis de sinalização para sistemas automáticos de transmissão, sensores potenciométricos, sistemas de apoio à condução e sistemas de comando.

Os seus grandes clientes são os maiores fabricantes mundiais de automóveis, tais como a BMW (o mais significativo com cerca de metade do total das vendas), o grupo VW/Audi/Seat/Skoda, a Ford Motor Company, a Daimler, a Porsche AG sendo a União Europeia o seu principal mercado.

Atualmente a área produtiva da empresa divide-se em quatro processos distintos. Inicia-se na injeção de componentes plásticos, passando pela pintura dos mesmos. Outro dos processos é a inserção automática de componentes eletrónicos em placas de circuito impresso, através da tecnologia SMD e, por último, existe a montagem e testes dos produtos finais. Os nomes das quatro áreas existentes na organização são, respetivamente, Injeção, Pintura, SMD e Montagem.

A PP está a aumentar o seu espaço físico. Em 2018 a sua área coberta era de 18 063m² divididos em quatro edifícios:

- Receção de materiais, Armazém central, Produção e Escritórios;
- Armazém de expedição, Gerência, Contabilidade e *Controlling*;
- Laboratório de Qualidade, Posto médico, Vestiários e Centro de Cultura e Desporto (CCD);
- Armazém de matéria-prima e embalagem.

No espaço maior, destinado à produção e escritórios, encontra-se a área fabril com as unidades de produção supracitadas. Estas áreas de produção são apoiadas por duas oficinas de ferramentas, onde se encontram os técnicos de manutenção. Numa das oficinas encontram-se os técnicos de manutenção da área da montagem e SMD, noutra os técnicos de manutenção da área de pintura e injeção.

2. Manutenção Industrial

Neste capítulo pretende-se abordar a evolução do conceito de manutenção, retratar algumas das diferentes definições que foram atribuídas ao longo dos tempos pelos diferentes autores, demonstrar os diferentes tipos de manutenção, assim como os diversos níveis, custos de manutenção, a estrutura de manutenção nas empresas, referir algumas das metodologias de suporte à gestão da manutenção, bem como, alguns indicadores utilizados.

2.1. Evolução da atividade da manutenção

Desde os anos 30 do século XX, muitas são as alterações que têm vindo a acontecer relativamente à atividade praticada pelas organizações no que concerne à manutenção. A evolução da indústria vai obrigando a melhorias quer nos equipamentos, quer nos processos que têm de obedecer a limites impostos pela qualidade, devido ao aumento dos requisitos e exigências dos consumidores. Desta forma, Moubray definiu três grandes gerações, Figura 3, na evolução da manutenção (Moubray, 1997):

2.1.1. Primeira geração

Esta primeira fase corresponde ao período dos anos 30 até à Segunda Guerra Mundial. Naqueles tempos, a indústria era muito pouco mecanizada e, deste modo, os tempos de não produção não eram considerados como importantes. Assim, a prevenção da avaria não era tida em conta. Para além disso, os equipamentos eram todos muito simples, o que fazia com que não existissem rotinas de manutenção, apenas se realizavam reparações quando surgiam as avarias.

2.1.2. Segunda geração

Esta geração está compreendida entre a Segunda Guerra Mundial e a década de 60. A importância das paragens de produção aumentou drasticamente devido ao tempo de guerra, uma vez que a força humana tinha diminuído consideravelmente. Portanto, a indústria tornou-se mais mecanizada, aumentando a complexidade das diversas máquinas. Com toda esta dependência da maquinaria, chegaram à conclusão de que as avarias deviam ser evitadas, surgindo a manutenção preventiva, que consistia em pequenas retificações ao equipamento em intervalos definidos.

O custo da manutenção começou a aumentar relativamente aos custos de produção o que levou à implementação de sistemas de planeamento e controlo de manutenção. Com o aumento dos gastos as pessoas começaram a encontrar formas de maximizar o tempo de vida dos equipamentos.

2.1.3. Terceira geração

A partir da década de 70, a evolução na indústria ganhou ainda mais ímpeto. Os tempos de paragem assumiram uma maior relevância, uma vez que o mercado ficou cada vez mais competitivo, com a necessidade de ter produtos a preços reduzidos.

Nos tempos recentes, o crescimento da automatização e mecanização fez com que a disponibilidade e a fiabilidade dos equipamentos sejam tomadas em consideração. Isto prende-se com o facto de que o investimento nos mesmos é cada vez mais elevado, o que faz com que os proprietários exijam uma maior extensão da vida dos equipamentos, para que estes trabalhem da forma mais eficaz, assegurando o retorno financeiro desse investimento.

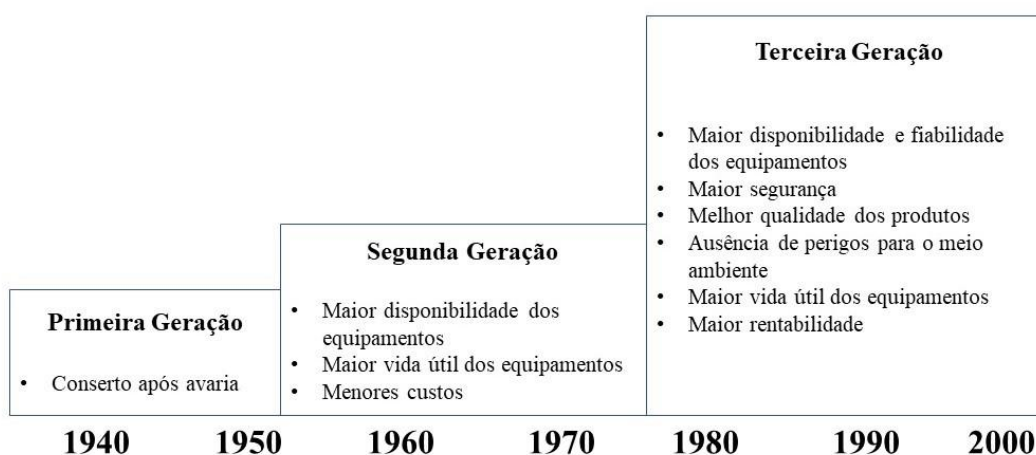


Figura 3 - Evolução do conceito da manutenção, (Moubray, 1997).

2.2. Definição de manutenção

Durante as últimas décadas, a manutenção sofreu grandes alterações, tal como supra citado, fazendo com que a grande maioria das organizações industriais deixasse de a considerar como uma tarefa evitável e dispendiosa, para passar a ser vista como um elemento chave para o progresso da empresa (Cabrita & Silva, 2002). Na verdade, esta função, quando bem implementada, oferece ferramentas capazes de assegurar uma melhor gestão dos ativos físicos, quer equipamentos, como instalações, conseguindo, assim, rentabilizar os investimentos financeiros.

Assim, a norma portuguesa (Norma Portuguesa NP EN 13306:2007, 2007) define manutenção como sendo “a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida”, isto é, consiste numa combinação de tarefas que garantam que um equipamento cumpra a função para a qual foi concebido. Ou seja, fica patente nesta definição que o enfoque está na função do dispositivo, e não no dispositivo em si.

Por outro lado, esta definição não menciona um aspeto tido em conta na indústria, um fator crucial, que é o aspeto económico. Desta forma, a norma AFNOR X 60 – 000 refere que “boa manutenção é assegurar essas operações a um custo global otimizado” (Norma Francesa NF X60-000 (AFNOR)).

Para além disso, manutenção tem em consideração ações relacionadas com a higiene e segurança, o meio ambiente e a poluição, dado os problemas atuais com a falta de preservação do meio ambiente. Assim, Kardec e Nascif fazem um apanhado das duas definições anteriores e do que foi mencionado acerca do meio ambiente, definindo manutenção como as atividades necessárias para garantir a disponibilidade das funções dos equipamentos e instalações, de maneira a atender um processo produtivo e a preservação do meio ambiente com confiabilidade, segurança e custos adequados para a empresa (KARDEC & NASCIF, 2005).

2.3. Tipos de manutenção

Várias podem ser as maneiras como se olha para os tipos de manutenção. No entanto, a forma de atuar nas intervenções de manutenção podem ser, essencialmente, de duas naturezas: planeadas ou não planeadas.

No caso da manutenção planeada, esta é dividida em dois tipos: corretiva e preventiva. A manutenção corretiva ocorre apenas após a avaria, no entanto, o técnico já sabe quanto tempo durará a reparação,

assim como as peças que serão necessárias para a substituição. Por outro lado, a manutenção preventiva acontece antes da avaria acontecer, e são intervenções planeadas. Dentro da manutenção preventiva há ainda uma subdivisão: preventiva sistemática e preventiva condicionada.

Na manutenção preventiva sistemática existe um histórico de avarias e, por isso, consegue prever-se quando as avarias vão ocorrer, possibilitando, atempadamente, o planeamento das intervenções e, tendo em consideração o trabalho que a equipa de manutenção tem a realizar, bem como, o melhor momento para a paragem de produção. Por estas razões, pode afirmar-se que a preventiva sistemática é uma manutenção periódica realizada em intervalos constantes.

Quanto à manutenção preventiva condicionada, a intervenção necessita de uma condição (ruído, vibração, entre outros) para que seja posta em prática. Como refere Cabral, as intervenções que a máquina necessita estão bem caracterizadas, porém, apenas são executadas quando há evidências experimentais de defeito iminente ou quando há a aproximação de um patamar de degradação pré-determinado. Isto acontece devido à inexistência de um histórico do equipamento e não se conseguir prever a cadências das avarias (Cabral, 2006).

Contrariamente, as intervenções não planeadas realizam-se quando se dá uma avaria imprevista no dispositivo, impossibilitando-o de desempenhar a função para a qual foi concebido. Estas subdividem-se em curativa e paliativa. A paliativa consiste no reparo de avaria de uma forma provisória de funcionamento antes de uma reparação adequada. Por outro lado, a curativa consiste no reparo da avaria, porém, restabelecendo na íntegra o funcionamento do equipamento.

Estes são os tipos de manutenção que a maioria dos autores refere como principais. Porém, (Cabral, 2006) defende que ainda existe um outro tipo de manutenção a ter em conta, a manutenção de melhoria. Esta inclui todas as modificações que se fazem ao equipamento para melhorar as características do mesmo, de forma a não ser tão suscetível a avarias, bem como, adaptá-lo a novas exigências de funcionamento.

A **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** representa o diagrama de tipos de manutenção supracitados.

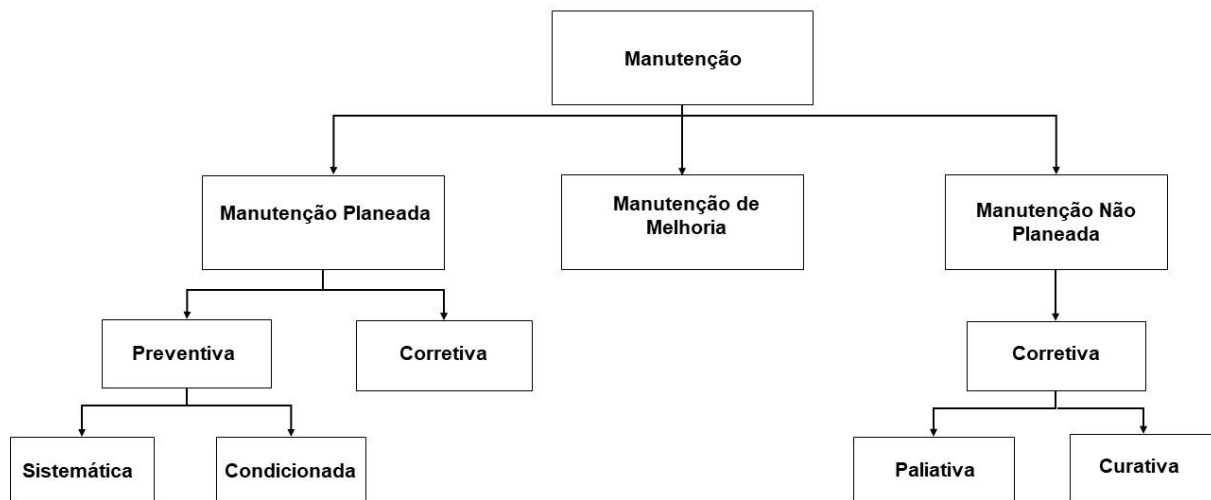


Figura 4 - Tipos de manutenção.

2.4. Níveis de manutenção

De acordo com as normas AFNOR (Association Française de Normalisation), existem cinco níveis de manutenção. Estes são definidos da seguinte forma:

1º nível - Deve ser executado pelo operador da máquina e consiste em algumas afinações simples, sem desmontagem do equipamento ou substituição de elementos acessíveis com toda a segurança.

2º nível – Reparações através de substituição de elementos *standard* previstos para este efeito ou reparações menores de manutenção preventivas (rondas). Deve ser executado por um técnico de manutenção ou pelo operador, se este estiver habilitado.

3º nível – Identificação e diagnóstico das avarias, reparação por substituição de componentes funcionais, reparações mecânicas menores, que devem ser desempenhadas pela equipa de manutenção.

4º nível – Trabalhos importantes de manutenção curativa ou preventiva, a executar pela equipa de manutenção.

5º nível – Trabalhos de renovação, de construção ou reparações importantes numa oficina central ou por subcontratação. Executado pela equipa completa de manutenção polivalente.

2.5. Prioridade das ordens de trabalho

Para definir quais são as ordens de trabalho mais relevantes, Joseph D Patton defende a expressão analítica (1), em que P é a prioridade, U é o grau de urgência, C representa o grau de criticidade e, por último, H é o nível hierárquico do solicitante (Hansen, 2001).

$$P = U \times C \times H \quad (1)$$

2.5.1. Grau de urgência

O grau de urgência de uma ordem de trabalho pode ser classificado em 4 níveis:

1. Emergência – são os trabalhos corretivos, que devem ser executados mal surjam, principalmente os que podem representar um problema para a segurança ou tornar-se numa avaria de grandes dimensões.
2. Urgência – representam os trabalhos corretivos para eliminar os tempos de não produção.
3. Normal – abrange todos os trabalhos preventivos planeados.
4. Quando conveniente – trabalhos que serão executados quando houver uma paragem, normalmente de incidência cosmética.

2.5.2. Grau de criticidade

Este é um parâmetro crucial aquando da decisão das datas de programação dos trabalhos, pois, em conjunto com outras duas variáveis (grau de urgência do trabalho e o nível hierárquico da solicitação), consegue-se definir a prioridade das ações.

Desta forma, seguindo as indicações de Joseph D Patton, os graus de criticidade devem ser numerados de 1 a 4, sendo definidos das seguintes formas (Hansen, 2001):

1. Muito crítico – engloba os dispositivos do parque industrial com grande área de incidência, nomeadamente sistemas auxiliares, como por exemplo o ar comprimido, e a segurança. Caso se dê uma paragem neste tipo de dispositivos haverá uma quebra grave de produção e pode até representar uma ameaça para os operadores.
2. Crítico – trata-se de um equipamento importante, que é de extrema relevância na produção.

3. Normal – refere a maioria dos equipamentos, a sua paragem irá trazer um impacto negativo, mas não crucial como se fosse um crítico.
4. Baixo – é um equipamento que produz baixas quantidades ou que é de baixa utilização, não sendo por isso, relevante.

2.5.3. Nível hierárquico do solicitante

O nível hierárquico do solicitante pode ser dividido também em quatro níveis:

1. Gestão de topo;
2. Produção;
3. Gestão intermédia;
4. Outros.

Usando estes três parâmetros, obtemos o valor de prioridade (P) que pode variar entre 1 e 64, sendo 1 o valor de elevada prioridade.

Apesar de ser este o método aconselhado na bibliografia para determinar o grau de prioridade dos equipamentos que estão sujeitos a manutenção, na Preh Portugal não o aplicam. Os equipamentos são considerados críticos ou não críticos de acordo com a sua necessidade de operarem para entrega do produto necessário, isto é, são considerados equipamentos críticos todos aqueles cuja intervenção para a produção de componentes é vital, de forma a corresponder às encomendas dos clientes, tendo em conta a importância na faturação.

2.6. Custos de manutenção

Define-se custo de manutenção como o que advém das atividades que são levadas a cabo em equipamentos não operacionais, tendo-se em conta o tempo de atividade, a taxa, o rendimento e a qualidade. Adicionalmente, é necessário ter em consideração os custos relacionados com a degradação da segurança para as pessoas, e com o meio ambiente (McKenna & Oliverson, 1997).

Cabral salienta que os reais custos da manutenção, ou aqueles que exprimem o desempenho da função, não são os custos contabilísticos diretos. Estes são os correspondentes à parte visível, ou seja, a fração mais fácil de ser quantificada da totalidade dos custos da manutenção. No entanto, os reais custos não se limitam à parte visível, (Cabral, 2006). Na verdade, os custos indiretos representam uma parte mais

expressiva, porém, não tão fáceis de quantificar. Uma boa representação do que foi referido demonstra-se através do Iceberg dos custos, Figura 5.



Figura 5 - Iceberg de custos da manutenção, (Cabral, 2006).

Benjamin Niebel acrescenta ainda que são quatro os custos associados à manutenção: os custos diretos, custos de *standby*, custos de perda de produção e custos de degradação, (Niebel, 1994).

Desta forma, os custos diretos são os custos necessários para manter o equipamento operacional. Estes podem ser sobre a forma de inspeções periódicas, manutenções preventivas, alguns reparos e custos com revisões gerais. Por outro lado, os custos de *standby* estão associados aos custos totais de possuir equipamentos/componentes de reserva para substituir os equipamentos principais, enquanto está a decorrer uma manutenção preventiva ou estão inoperacionais por alguma razão. De seguida, temos os custos de perda de produção, perdas devido ao equipamento estar avariado e não ter nenhum equipamento/componente de reserva disponível para a sua substituição. Por último, os custos de degradação da vida útil do equipamento que resultam de uma manutenção inadequada.

A Figura 6 representa a relação ideal entre a quantidade de manutenção que deve ser executada e os diferentes custos de paragem.

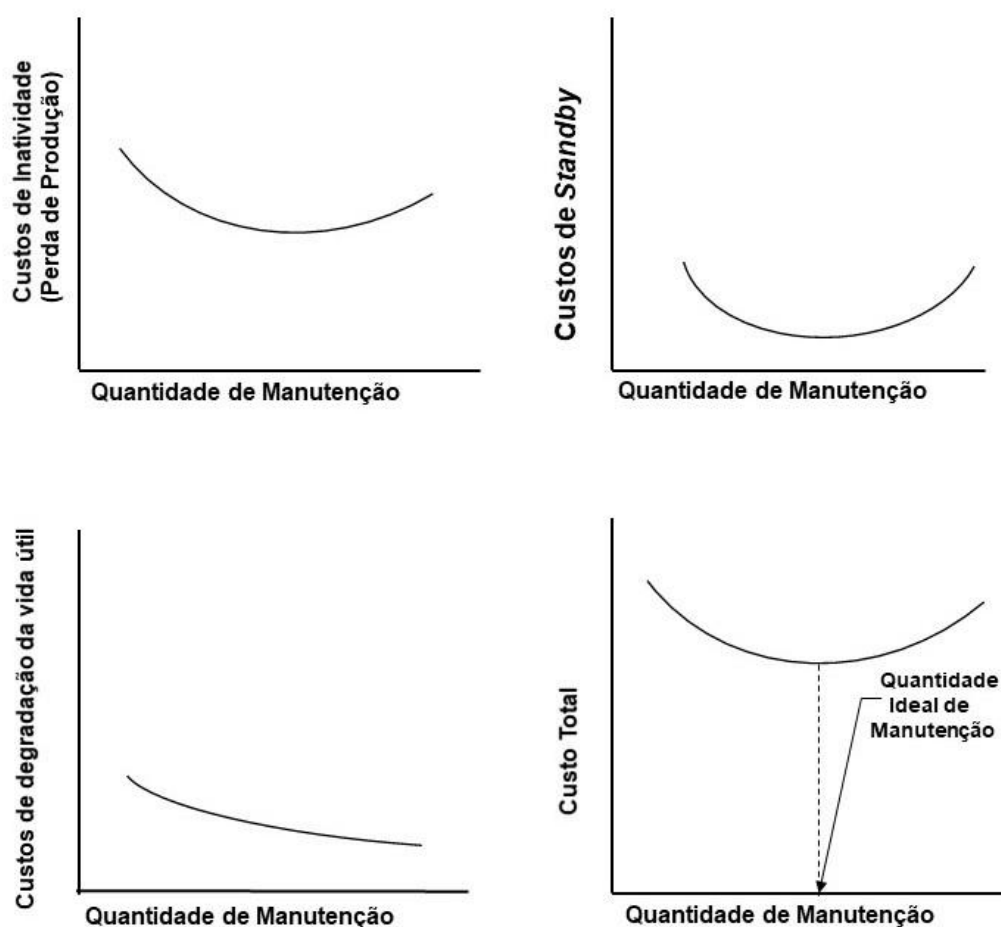


Figura 6 - Relação entre os diversos custos e a quantidade de manutenção adaptado de (Niebel, 1994).

Assim, Niebel defende que existe um nível ótimo de manutenção para o custo mínimo da avaria. Para o efeito, afirma que os custos de paragem de produção, quando referentes a uma avaria, evoluem de forma inversa aos custos de manutenção.

2.7. Estrutura de manutenção nas empresas

Atualmente, a competitividade entre empresas está maior que nunca. Portanto, de forma a ser mais competitiva, a empresa necessita de ter uma estrutura bem definida que, por um lado, atenda às suas necessidades e, por outro, as decisões tomadas possam circular com velocidade para atingirem os objetivos.

Quando se aborda a estrutura da Manutenção (Dhillon, 2002), existe um ponto fundamental que passa por uma estrutura mais ou menos centralizada. Antes de fazer uma diferenciação entre as duas, importa referir quais os principais fatores que podem condicionar esta decisão. Deve ter-se em consideração os seguintes fatores:

- Dimensão e dispersão geográfica das instalações;
- A diversidade, a complexidade e sensibilidade dos equipamentos;
- A diversidade de especialidades envolvidas.

2.7.1. Manutenção centralizada

Normalmente, a manutenção centralizada atua melhor em pequenas e médias empresas. Esta verifica-se quando na organização a área de manutenção é única, ou seja, a manutenção possui apenas uma equipa que assiste as diferentes áreas da planta fabril, de acordo com a disponibilidade dos recursos e tendo em consideração a prioridade dos serviços.

Este tipo de estrutura apresenta como vantagens:

- Mais eficiente comparativamente à manutenção descentralizada;
- Necessita de menos técnicos de manutenção;
- Consegue-se uma supervisão mais eficiente;
- Melhora a gestão de pessoal especializado, bem como, material especializado;
- Permite uma maior formação da equipa.

Por outro lado, apresenta as seguintes desvantagens:

- Menor flexibilidade e demora no atendimento às solicitações;
- Menor envolvimento dos técnicos, não obtendo o *know-how* específico dos equipamentos de uma área específica;
- Supervisão mais difícil devido ao afastamento do local de manutenção da área de manutenção.

2.7.2. Manutenção descentralizada

No caso da manutenção descentralizada existem equipas de manutenção indicadas para cada área de produção. As principais razões para a utilização da manutenção descentralizada são: diminuir o tempo de deslocação até aos equipamentos onde se verificam as avarias, desenvolver um espírito de cooperação entre os operadores de produção e os técnicos de manutenção - consegue-se deste modo

uma maior supervisão - e, por último, devido aos técnicos estarem sempre nas mesmas áreas e lidarem sempre com os mesmos equipamentos, desenvolvem um conhecimento mais aprofundado dos mesmos. Contudo, este modelo apresenta alguns inconvenientes, tais como: provável desaproveitamento da mão-de-obra, uma vez que se ocorrer uma quebra de trabalho, torna-se mais difícil de a transferir para outra área; possível ineficiência na utilização de ferramentas, pois é requerido um acervo de ferramentas que deva ficar na posse das equipas de manutenção assim constituídas; e uma maior quantidade de ferramentas (*stock* de ferramentas).

Por outro lado, (Dhillon, 2002) refere que existem empresas que não utilizam um modelo apenas. Fazem uma combinação entre a manutenção centralizada e a descentralizada, a que designa manutenção mista. A principal razão reside na pertinência de poder aproveitar as vantagens de cada um dos tipos de manutenção referidos, diminuindo as desvantagens de cada um.

2.7.3. Organização da estrutura na Preh Portugal

Na Preh Portugal, a manutenção segue uma estrutura mista, isto é, a empresa é dividida pelas diferentes áreas de produção: Montagem, SMD, Pintura e Injeção, e conta com duas áreas de oficina para a manutenção. Estas áreas são utilizadas para a reunião dos técnicos que realizam trabalhos que envolvem soldas, desmantelamentos de equipamentos, entre outros trabalhos mais específicos. É também, o local onde se guarda os diversos componentes de reserva para substituição.

No que diz respeito à área da montagem, a manutenção tem ao seu encargo três áreas produtivas, como se pode visualizar no ANEXO 1 – *Layout* produtivo da área da Montagem da Preh Portugal. Assim sendo, a empresa dispõe de três equipas com técnicos responsáveis por cada uma das áreas. No entanto, estas equipas não são exclusivas das áreas a que estão designadas, ou seja, se por algum motivo uma equipa necessita de mais elementos para a resolução de uma avaria ou auxílio numa manutenção preventiva, pode solicitar a ajuda de colegas de outra equipa que esteja mais disponível. Porém, apesar de ter equipas designadas para cada área, os técnicos não estão fisicamente associados à mesma, encontrando-se na oficina de manutenção até que seja solicitada a sua deslocação à avaria. Por outro lado, a circunstância de a empresa dispor de um conjunto de equipas responsáveis por cada área, permite que aquando da ocorrência de uma avaria, não haja indecisões quanto ao técnico a deslocar, agilizando, deste modo, o processo.

2.8. Metodologias de suporte à gestão da manutenção

Se por um lado, há uma tendência atual de crescimento dos negócios, por outro, existe a necessidade de diminuição dos custos operacionais, com o objetivo de se ser o elemento mais competitivo do mercado. Como se estes requisitos já não fossem suficientemente complicados, o mercado está cada vez mais exigente no que diz respeito à qualidade. Para dar resposta a estas exigências, os equipamentos são cada vez mais autónomos, dificultando a tarefa da manutenção. Assim, várias são as ferramentas disponíveis para o auxílio da gestão da manutenção, ferramentas estas que visam a otimização da manutenção nas empresas, fazendo com que estas organizações se posicionem em prol da melhoria contínua. Kardec e Nascif referem as seguintes ferramentas como auxílio às diferentes estratégias, (KARDEC & NASCIF, 2005):

- *Total Productive Maintenance (TPM);*
- *Reliability Centered Maintenance (RCM);*
- *Reliability Based Maintenance (RBM);*
- *Condition Based Maintenance (CBM);*
- *Lean Maintenance.*

Das ferramentas supracitadas, as estratégias com mais ímpeto no mercado são o TPM e o RCM. Por esta razão, apresentar-se-á de seguida uma descrição destas duas estratégias.

2.8.1. Total Productive Maintenance

O autor desta metodologia, Seichii Nakajima, definiu-a como um sistema de manutenção dos equipamentos a executar por todos os funcionários, por iniciativa própria e em toda a empresa (Nakajima, 1988). Assim, este conceito foi implementado com sucesso na década de 70 do século XX, na empresa Nippon Denso, do grupo Toyota. Desde então, a sua expansão para outros continentes, como Estados Unidos e Europa, foi enorme, devido aos notáveis resultados nas corporações que a utilizaram. Atualmente, o TPM é um modelo referencial, sendo marca registada do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM).

O TPM vai muito para além de um método, pois passa a ser uma filosofia da empresa, que reúne, desde os gestores da empresa aos operadores, a vontade para a maximização da eficiência global de máquinas e de equipamentos, através da eliminação de falhas, defeitos, isto é, tudo o que constitua perdas.

Para Cabral, as linhas orientadoras do TPM caracterizam-se por, (Cabral, 2006):

- Busca da maximização da eficiência global das máquinas e dos equipamentos;
- Sistema que reúne a participação de todos, a todos os níveis;
- Sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil das máquinas e dos equipamentos;
- Movimento motivacional, na forma de trabalho de grupo, através da condução de atividades voluntárias.

Como referido anteriormente, o TPM pressupõe o envolvimento de todos, e pretende uma aproximação entre a produção e a manutenção, defendendo que os operadores das máquinas são quem melhor as conhece. Por esse motivo, devem realizar medidas preventivas básicas – inspeção, lubrificação e limpeza – libertando assim algum tempo para os técnicos de manutenção se poderem debruçar sobre as avarias mais específicas, manutenções preventivas, bem como, em melhorar equipamentos. De salientar que os operadores ao executarem estas tarefas mais básicas, conseguem prevenir muitas das pequenas avarias que acontecem no funcionamento diário dos equipamentos, possibilitando assim a obtenção de uma maior disponibilidade dos mesmos. Adicionalmente, com a execução destas tarefas, o operador adquire um maior conhecimento dos equipamentos, podendo dar sugestões de melhorias destes ao técnico de manutenção, aumentando assim a fiabilidade, que por sua vez, aumenta a disponibilidade destes.

Para a implementação do TPM, existem oito pilares essenciais, segundo Borris. Os pilares do TPM estão representados na Figura 7. Estes pilares representam responsabilidades para as empresas que o decidem implementar.

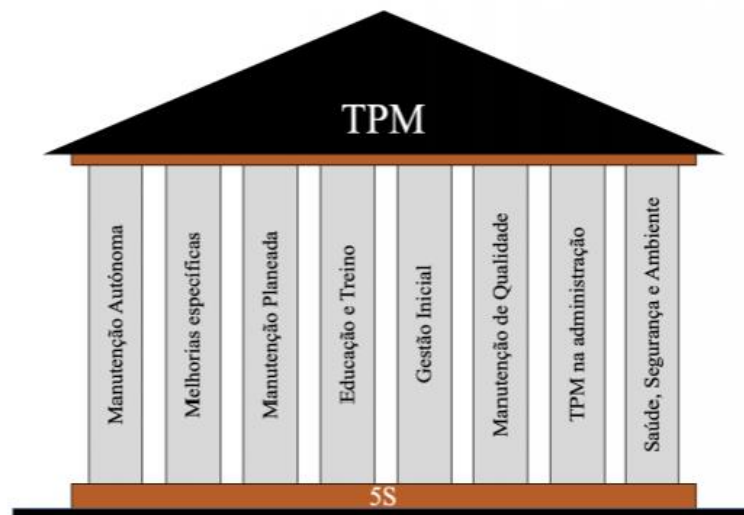


Figura 7 - Pilares do TPM, (Borris, 2006)

Cabral refere que este método não traz técnicas novas, no entanto, o mérito deste é harmonizar uma grande variedade de técnicas proporcionando excelentes resultados. O autor refere que os resultados alcançados com a implementação desta metodologia podem ser divididos em duas categorias: os resultados tangíveis e os intangíveis (Cabral, 2006).

Como resultados tangíveis, este menciona:

- Alcançar zero-avarias;
- Redução dos tempos de paragem de produção;
- Diminuição dos defeitos de qualidade;
- Fiabilidade das máquinas;
- Redução dos acidentes de trabalho;
- Economia de energia e outros recursos;
- Incremento da produtividade.

Quanto aos resultados intangíveis, o autor enumera:

- Melhoria da imagem da empresa;
- Aumento da motivação para o trabalho;
- Criação de um bom ambiente de trabalho.

O sucesso do TPM depende, na íntegra, da vontade dos envolvidos na organização, salvaguardando-se que é necessário que seja um objetivo da Gestão da empresa. Só após isto se pode planejar cuidadosamente como o executar em contexto produtivo.

2.8.2. Reliability Centered Maintenance

A Manutenção Centrada na Fiabilidade é uma metodologia que tem a sua origem na década de 60 do século XX, no ramo da aeronáutica civil para aprimorar a segurança e a fiabilidades dos aviões. Um dos marcos do desenvolvimento desta metodologia foi um relatório realizado por Stanley Nowlan e Howard Heap em 1978, no qual foi definida a RCM como uma disciplina lógica para o desenvolvimento de programas de manutenção planeada, (Borris, 2006). Muito se tem escrito desde então a este respeito. Moubray define RCM como um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus utilizadores querem que ele faça (as suas funções) no seu contexto operativo atual (Moubray, 1997). Fundamentalmente, é um modelo que pretende fazer o reconhecimento das causas das falhas, para poder minimizar os efeitos das suas ocorrências.

O RCM implica a realização de sete perguntas relativamente ao funcionamento do equipamento que está sob análise. As perguntas são as seguintes:

- Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- De que forma ele falha em cumprir as suas funções?
- O que causa cada falha funcional?
- O que acontece quando ocorre a falha?
- De que forma cada falha importa?
- O que pode ser feito para predizer ou prevenir cada falha?
- O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa apropriada?

Para (Borris, 2006), o uso do RCM é flexível e, por isso, pode trabalhar em conjunto com o TPM. Adicionalmente, este processo pode ser aplicado a um equipamento a qualquer momento do seu ciclo

de vida. Antes de se proceder à análise de RCM, deve-se fazer uma análise aprofundada aos sistemas, definindo bem as funções do equipamento, bem como, todas as possíveis falhas/avarias que podem ocorrer. Posteriormente, é necessário ter em consideração quais os efeitos dessas falhas, descrevendo como é que estes ocorrem. De seguida, desenvolve-se uma avaliação das consequências das falhas, tendo em conta quatro grupos (Moubray, 1997):

- Consequências de falhas ocultas;
- Consequências de segurança e meio-ambiente;
- Consequências operacionais;
- Consequências não-operacionais.

Fazendo a avaliação das falhas, e considerando estes quatro grupos, o autor salienta a ideia de que nem todas as falhas são graves e, por conseguinte, nem todas têm de ser prevenidas. De facto, afirma que deve ser dada maior atenção às avarias que têm maior impacto na organização. A aplicação desta técnica permite determinar qual o método de manutenção preventiva mais adequado, de acordo com as consequências das falhas e com a viabilidade técnica e económica das tarefas, apoiando-se em diagramas lógicos de decisão.

Moubray afirma que os resultados alcançados com a implementação desta metodologia podem dividir-se em resultados tangíveis e intangíveis (Moubray, 1997). Os resultados tangíveis são:

- Manutenções programadas para serem realizadas pelo Departamento de Manutenção;
- Procedimentos para os operadores do equipamento;
- Uma lista de equipamentos que podem estar sujeitos a alterações no projeto ou na forma de utilização, no caso de ele não estar a ter o desempenho necessário.

Por outro lado, existem dois resultados menos tangíveis, mas de elevada importância, que são o facto de os participantes da análise RCM aprenderem e conhecerem melhor o equipamento, para além de desenvolverem competências no trabalho de equipa.

2.9. Indicadores de desempenho

Parmenter afirma que indicadores de desempenho, do inglês conhecidos como *Key Performance Indicators* (KPI), são um conjunto de valores mensuráveis que representam de que forma a empresa está ou não a ser bem sucedida do ponto de vista da sua operacionalidade, de acordo com os objetivos que definiu (Parmenter, 2007). Nas organizações é crucial avaliar o desempenho para se conseguir perceber se os resultados obtidos estão de acordo com os pretendidos, fornecendo informação acerca do que é necessário fazer para aumentar o desempenho. Antes de desenvolver estes indicadores, importa definir os termos de fiabilidade e manutenibilidade, uma vez que estes indicadores irão fornecer valores relativos aos equipamentos, com base nestes termos. Assim, Smith define fiabilidade como a probabilidade de um equipamento desempenhar a função para o qual foi concebido, durante um período de tempo, sem falhar (Smith, 1997). Quanto à manutenibilidade, o autor define-a como a probabilidade de reparação de um ativo com avaria, num determinado período de tempo, seguindo os procedimentos implementados. A correta aplicação destes indicadores irá providenciar uma manutenção mais eficaz e eficiente, isto é, entende-se por uma manutenção eficaz aquela que, por um lado, aumenta a fiabilidade do equipamento e, por outro, diminui os riscos operacionais, diminuindo os recursos utilizados e o tempo para a sua realização. Os indicadores de desempenho auxiliam na tomada de decisões, porém, é necessário que sejam aplicados na quantidade adequada. De facto, Cabral evidencia que o excesso de indicadores pode desfocar a realidade ao apelar para compreender a interação de muitos parâmetros difíceis de se relacionar entre si (Cabral, 2006).

A escolha do indicador deve ter em consideração o grau de utilidade do mesmo para:

- Ajudar a gestão na tomada de decisões;
- Avaliar os benefícios da política de manutenção;
- Ajudar na identificação de problemas e soluções para o mesmo;
- Tratar a informação que vai sendo recolhida no dia-a-dia;
- Fazer comparações entre os diferentes dias, meses, anos.

2.9.1. Taxa de avaria e Tempo Médio Entre Avarias

Antes de definirmos o que é o tempo médio entre avarias, um indicador muito utilizado nas empresas, é necessário definir a taxa de avarias, dado a sua relação. Para além disso, a fiabilidade dos sistemas reparáveis é definida pela taxa de avarias. Smith (1997) define a taxa de avarias (λ) como o rácio entre o total de falhas (k) e o tempo operacional (T) (Smith, 1997).

$$\lambda = \frac{k}{T} \quad (2)$$

O Tempo Médio Entre Avarias, designado na literatura angloaxónica *Mean Time Between Failures* (*MTBF*) é uma medida de fiabilidade, isto é, representa a aptidão deste funcionar durante um determinado período de tempo em boas condições. É o inverso da taxa de avarias (Smith, 1997).

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Porém, no caso de a taxa de avarias ser constante, o indicador pode ser calculado da seguinte forma (Smith, 1997),

$$MTBF = \frac{t_F}{n_A} \quad (4)$$

Sendo t_F e n_A o tempo de funcionamento e o número de avarias, respetivamente, num determinado período de laboração.

Por tempo de funcionamento entende-se única e exclusivamente os tempos de produção, não sendo contabilizados os tempos das avarias. A expressão analítica (4) é a mais utilizada no contexto fabril.

Um outro indicador muito semelhante ao *MTBF* é o tempo médio para avaria, *Mean Time To Failure* (*MTTF*), que é em tudo semelhante ao anterior, no entanto, é aplicado a bens não reparáveis

2.9.2. Tempo Médio de Reparação

Tempo médio de reparação, em inglês *Mean Time To Repair* (*MTTR*), expressa o tempo médio necessário para reparar uma avaria, ou seja, o tempo médio necessário para repor o equipamento de acordo com as suas condições normais de funcionamento, sendo a calculado pela equação (5) (Smith, 1997). Este indicador tem em consideração o tempo desde a o diagnóstico do problema, a reparação, teste e, por último, entregar o equipamento ao operador.

$$MTTR = \frac{t_R}{n_A} \quad (5)$$

Compreende-se por t_R o tempo de reparação e n_A o número de avarias num determinado período de laboração. O $MTTR$ é uma medida de manutenibilidade do equipamento, ou seja, a sua aptidão para devolver o mesmo à sua condição de bom funcionamento.

2.9.3. Tempo Médio Para Assistência

Este indicador, conhecido como *Mean Time To Acknowledge (MTTA)*, é o que permite dar a conhecer a resposta da equipa de manutenção às solicitações que são feitas. $MTTA$ é a média de tempo que demora desde o momento que o alerta da avaria é acionado, até ao momento que se inicia a reparação (MTBF, MTTR, MTTA, and MTTF, 2020). Tanto este indicador como o MTTR são considerados como *down time* (Smith, 1997).

2.9.4. Disponibilidade

A disponibilidade é probabilidade de um equipamento cumprir com a função para a qual foi concebido durante um período de tempo (Cabral, 2006).

$$D(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTTA} \times 100 \quad (6)$$

Esta expressão assume uma forma mais prática, uma vez que é tido em conta o número de avarias, quer no $MTBF$ como no $MTTR$. Assim, facilmente se percebe que para se aumentar a disponibilidade pode-se fazer adotando qualquer umas das seguintes possibilidades (Cabral, 2006):

- Aumentando o tempo de bom funcionamento ($MTBF$);
- Diminuindo os tempos de reparação ($MTTR$);
- Diminuindo os tempos de assistência ($MTTA$).

Como nota final destes indicadores, é necessário perceber que para se obter dados fidedignos é imperativo que os dados sejam alimentados em coerência com as definições. Só dessa forma será possível perceber o que está a correr bem com a organização e quais são os seus pontos fracos, para que possa melhorar.

2.10. Overall Equipment Effectiveness

A Eficácia Global do Equipamento, conhecido como *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, é um padrão muito relevante para medir a produtividade de um equipamento, isto é, mede quão eficazmente um processo ocorre quando está planeado ser executado. A sua implementação na organização permite identificar as perdas, avaliar o progresso e melhorar o processo de produção. Tendo em mente que a maximização do rendimento da máquina é uma das características do TPM, este indicador cumpre na perfeição este requisito, sendo, por isso, considerado como um agente preponderante na reunião de todas as partes envolvidas para trabalhar para o mesmo objetivo (Hansen, 2001).

2.10.1. Fatores do OEE

Os fatores que são considerados para o cálculo do OEE são a disponibilidade, o desempenho e a qualidade. Porém, antes de explicar em que consiste cada um destes fatores, é necessário definir os tempos relativos ao OEE e a cada um destes fatores.

De facto, ao tempo total de um dia, é necessário subtrair as perdas planeadas (entendendo-se por paragens planeadas as decorrentes de programação, seja repouso planeado dos operadores ou qualquer intervenção de manutenção planeada), pois estas perdas planeadas não são contabilizadas na estimativa do OEE. Retirando estas perdas planeadas, ficamos com o tempo disponível para produção e, é a partir daqui, que se pode introduzir a disponibilidade.

2.10.1.1. Disponibilidade

A disponibilidade é probabilidade de um equipamento cumprir com a função para a qual foi concebido durante um período de tempo. A manutenção tem como objetivo obter a maior disponibilidade possível dos equipamentos, pelo que este indicador comprova a eficiência do seu trabalho. A disponibilidade D é obtida através do rácio entre o tempo operacional (t_{Op}) e o tempo disponível (t_{Disp}) para produção (Borris, 2006),

$$D(\%) = \frac{t_{Op}}{t_{Disp}} \times 100 \quad (7)$$

2.10.1.2. Desempenho

Para se calcular o desempenho (P) de um equipamento é necessário conhecer-se o tempo de ciclo ideal (t_{Ciclo}), sendo este o tempo que é necessário para produzir uma peça nas condições nominais da máquina, multiplicando-se esse valor pelo número de peças produzidas (n_{PP}), normalizado pelo tempo operacional (t_{Op}) (Borris, 2006),

$$P(\%) = \frac{n_{PP} \times t_{Ciclo}}{t_{Op}} \times 100 \quad (8)$$

2.10.1.3. Qualidade

A qualidade (Q) é representada pelo quociente entre as peças conformes à primeira vez (n_{PC}) e o número de peças produzidas (n_{PP}) num determinado período de tempo (Borris, 2006),

$$Q(\%) = \frac{n_{PC}}{n_{PP}} \times 100 \quad (9)$$

A Figura 8 representa de forma gráfica todas as grandezas que foram mencionadas para o cálculo do OEE.



Figura 8 - Esquema representativo do OEE, incluindo todos os índices envolvidos.

Este indicador é obtido através do produto dos três índices atrás mencionados,

$$OEE = D \times P \times Q \quad (10)$$

Onde D , P e Q representam, respetivamente, a disponibilidade, o desempenho e a qualidade.

Como mencionado anteriormente, um dos principais objetivos do cálculo do OEE é a redução e/ou eliminação das seis grandes perdas que contribuem para a redução de produtividade na produção.

Nakajima dividiu estas seis grandes perdas em três grupos (Nakajima, 1988):

- Perdas de Disponibilidade: paragens acidentais por avarias nos equipamentos ou mudança de produtos (*setups*)
- Perdas de Desempenho: pequenas paragens, devido ao mau funcionamento da máquina e, redução de taxa de produção, isto é, diferença entre a taxa de produção nominal e a efetiva do equipamento.
- Perdas de Qualidade: devido a produtos defeituosos e retrabalho ou baixos rendimentos originados pelo arranque da produção.

3. *Softwares* utilizados

Esta Dissertação teve por base para o seu desenvolvimento duas ferramentas informáticas: o SAP ERP (módulo PM) e a aplicação desenvolvida pela Preh Portugal, o OEE. Com o auxílio destes dois programas, foi possível a monitorização e gestão dos dados da empresa que aqui se apresentam.

3.1. SAP ERP (Enterprise Resource Planning)

O significado de SAP é Sistemas, Aplicações e Produtos em processamento de dados. A empresa SAP SE foi fundada na Alemanha em 1972 com o objetivo de criar *softwares* de gestão de empresas. Iniciou como uma pequena organização com foco no mercado regional, no entanto, o seu alcance, atualmente, é mundial. O seu principal produto é o sistema integrado de gestão empresarial. Este é um sistema de informação que relaciona todos os dados e processos da organização num único sistema. Assim, o SAP ERP é uma plataforma que permite simplificar os processos dos diversos departamentos (áreas de Compras, Recursos Humanos, Financeiro, Produção, Manutenção, entre outros), (SAP ERP, 2020).

Para esta Dissertação importa o módulo SAP PM (Plant Maintenance), que é uma combinação de todos os aspetos técnicos e tarefas de gestão realizadas ao longo do ciclo de vida de um equipamento ou local de instalação para o manter operacional. Este módulo permite gerir todos os equipamentos da organização, criar ordens de trabalho, criar planos de manutenção, cálculo de custos com os técnicos, entre outros. O foco desta ferramenta, para este estudo, prendeu-se com a criação de novos equipamentos, bem como o desenvolvimento de planos de manutenção, onde se estruturam as tarefas de manutenção – *checklists* - e a sua programação. A partir destes planos de manutenção são emitidas, periodicamente, ordens de manutenção (registo da ação de manutenção onde se encontram as atividades realizadas, materiais e serviços utilizados, assim como os custos da sua realização) para os técnicos responsáveis dos equipamentos as desempenharem.

3.2. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

O histórico de programas informáticos para monitorização da informação na PP já é longo, encontrando-se todas as aplicações do sistema de informação do processo reunidas numa aplicação geral, o “Process Information System”, mais conhecido na empresa como PIS, Figura 9.

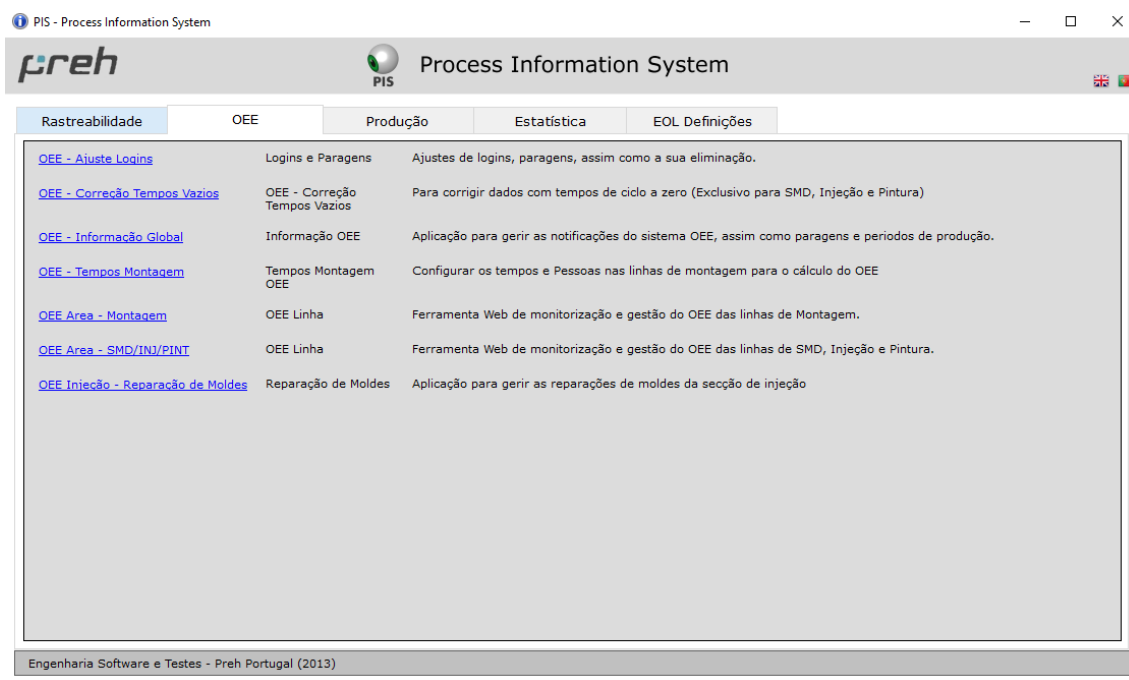


Figura 9 - Aplicação Process Information System existente na Preh Portugal.

De facto, no ano de 2013 a PP criou um programa com base no indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), sendo este uma ferramenta web de monitorização e gestão do OEE nas diversas linhas da fábrica. Porém, para esta Dissertação, importa apenas a monitorização e a gestão das linhas de montagem. Este programa apresenta uma página web “OEE Area – Montagem” que é acedida através do *link* existente no PIS, com o seguinte *layout*, Figura 10.

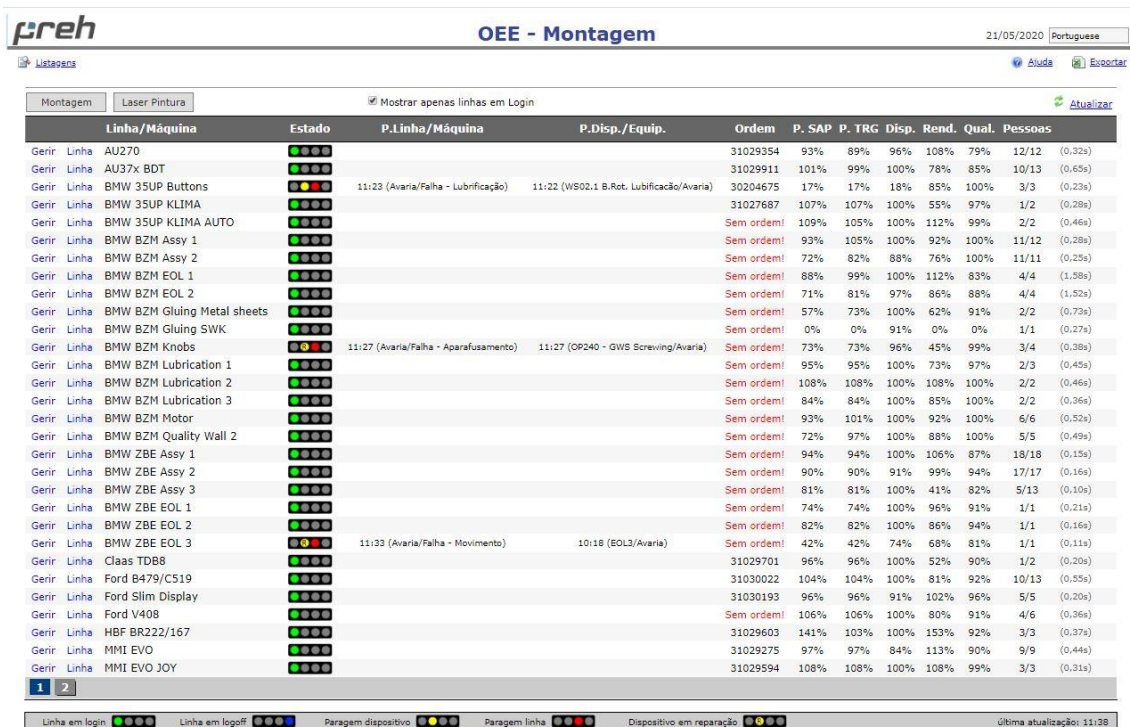


Figura 10 - OEE da área de montagem da Preh Portugal.

Nesta é possível visualizar as diferentes linhas que estão em *login*, isto é, as que estão em funcionamento no momento, sabendo qual é o seu estado: se estão a funcionar sem problemas (semáforo verde), se há uma paragem num dispositivo (semáforo amarelo) e se este se encontra em reparação (semáforo amarelo com a letra “R” no interior). Por último, se há uma linha parada (semáforo vermelho), tal como é possível observar na parte inferior da Figura 10.

Pressionando o botão “Gerir” numa determinada linha, temos acesso a uma variedade de informação referente ao equipamento selecionado, sabendo quais os períodos de produção, os tempos de ciclo, assim como, o histórico de eventos que ocorreram com o equipamento durante o período de tempo selecionado para observação. Adicionalmente, o programa realiza os cálculos da “Disponibilidade”, “Rendimento” e “Qualidade”, as três variáveis que concorrem para a determinação do índice OEE, segundo a equação (10). Ao mesmo tempo que obtemos os valores, é possível visualizar o gráfico com a evolução durante o intervalo selecionado, Figura 11. Para além de se ter acesso à informação no programa, é possível exportar todas as listagens que se pretender para a ferramenta *Excel*, sendo assim mais fácil a manipulação da informação requerida.

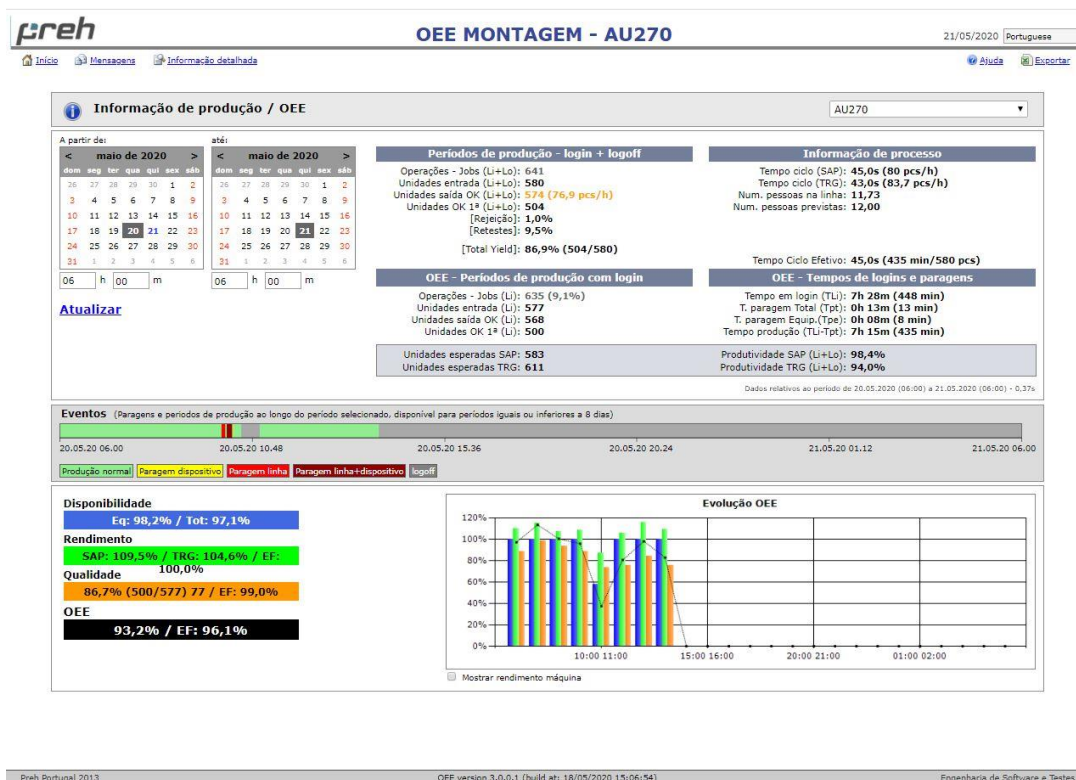


Figura 11 - OEE de uma linha da área da Montagem, com os respetivos cálculos e gráficos, num determinado período de tempo.

De salientar que esta é a configuração visível do programa. Esta aplicação está ligada à base de dados que se encontra no servidor da PP, onde toda a informação é armazenada. A Preh utiliza o “Microsoft SQL Server”, um conhecido sistema de gestão das bases de dados. É este sistema que fornece a *interface* entre os dados que são armazenados fisicamente na base de dados e o utilizador. Para tal, este sistema necessita de uma linguagem que permita ao utilizador interrogar ou operar sobre a base de dados, sendo a linguagem SQL (*Structured Query Language*) a utilizada. Esta permite criar, alterar e remover todas as componentes de uma base de dados, como tabelas, índices; inserir, apagar dados; interrogar a base de dados; controlar o acesso dos utilizadores à base de dados e as operações a que cada um deles pode ter acesso, e obter a garantia da consistência e integridade dos dados (Damas, 2007).

Para configurar, gerir e executar todos os componentes do “Microsoft SQL Server” existe uma aplicação, o “SQL Server Management Studio” que opera através de *queries* (pedidos de informação a uma base de dados baseados em códigos pré-definidos) obtendo-se toda a informação apresentada da forma que o utilizador pretender.

É possível observar um exemplo de um *query* utilizado na empresa na Figura 12.

The screenshot shows the Microsoft SQL Server Management Studio interface. The query editor contains a complex SQL query. The results pane shows a table with 13 columns and 13 rows of data.

Query:

```
SELECT
  dbo.stoppages5.Id_stoppages5, dbo.stoppages5.Id_Subline, dbo.SubLineDevices.Id_SubLineDevice,
  dbo.stoppages5.StoppageStart, dbo.wRepairs.RepairStart, dbo.wRepairs.RepairEnd,
  DATETIMEFROMPART(dbo.wRepairs.RepairStart, dbo.wRepairs.RepairEnd) AS Disp_repairTime,
  dbo.wRepairs.RepairResp,
  dbo.stoppages5.StoppageEnd,
  DATETIMEFROMPART(dbo.stoppages5.StoppageStart, dbo.stoppages5.StoppageEnd) AS Disp_downtime,
  DATETIMEFROMPART(dbo.stoppages5.StoppageStart, dbo.wRepairs.RepairStart) AS Disp_waitTime,
  DATETIMEFROMPART(dbo.stoppages5.StoppageStart) AS MonthNumber,
  DATETIMEFROMPART(dbo.stoppages5.StoppageStart) AS WeekNumber,
  dbo.SubLineDevices.EquipmentNr, dbo.SubLineDevices.WName,
  dbo.SubLineDevices.SubSystem, dbo.SubLineDevices.SubSystem,
  dbo.stoppages5.ID_Stoppages5Symptom, dbo.stoppages5.Symptom,
  dbo.stoppages5.ID_StoppagesCause, dbo.stoppages5.ShortName,
  dbo.wRepairs.ID_FailureCause, dbo.FailureCause.ShortName, dbo.wRepairs.FailureCause,
  CONCAT ( dbo.FailureCause.ShortName, dbo.wRepairs.FailureCause) AS Failure_repair,
  dbo.wRepairs.ID_RepairDetails, dbo.RepairDetails.Details, dbo.wRepairs.RepairDetails,
  CONCAT (dbo.RepairDetails.Details, dbo.wRepairs.RepairDetails) AS Action_repair

FROM
  dbo.stoppages5 LEFT JOIN dbo.wRepairs ON dbo.stoppages5.ID_Stoppages5 = dbo.wRepairs.ID_Stoppages5
  LEFT JOIN dbo.stoppages5Symptom ON dbo.stoppages5.ID_Stoppages5Symptom = dbo.stoppages5.ID_Stoppages5Symptom
  LEFT JOIN dbo.SubLineDevicesSubSystems ON dbo.SubLineDevicesSubSystems.ID_SubSystem = dbo.stoppages5.ID_SubSystem
  LEFT JOIN dbo.stoppagesCause ON dbo.stoppagesCause.ID_StoppagesCause = dbo.stoppages5.ID_StoppagesCause
  LEFT JOIN dbo.FailureCause ON dbo.FailureCause.ID_FailureCause = dbo.wRepairs.ID_FailureCause
  LEFT JOIN dbo.RepairDetails ON dbo.RepairDetails.ID_RepairDetails = dbo.wRepairs.ID_RepairDetails
  LEFT JOIN dbo.SubLineDevices ON dbo.SubLineDevices.ID_SubLineDevice = dbo.stoppages5.ID_SubLineDevice

where (( dbo.stoppages5.Id_Subline = 551) and (dbo.SubLineDevices.TimeProfile='35 UP KLTHA') and (dbo.stoppages5.StoppageStart >= '2020-04-01 00:00:00'))
AND (dbo.stoppages5.StoppageEnd <= '2020-04-30 23:59:59')) ORDER BY dbo.stoppages5.StoppageStart
```

Results:

Line	M_SubLineDevice	M_SubSYS	StoppageStart	RepairStart	RepairEnd	Disp_repairTime	RepairResp	StoppageEnd	Disp_downtime	Disp_waitTime	MonthNumber	WeekNumber	EquipmentNr	WName	ID_SubSystem	SubSystem
1	1179	82	2020-04-01 16:23:00	2020-04-01 16:25:00	2020-04-01 16:27:00	2	6474	2020-04-01 16:27:00	4	2	4	14	1047488	EOL 6	1	Compute
2	1179	82	2020-04-01 18:40:00	2020-04-01 18:42:00	2020-04-01 18:44:00	2	8782	2020-04-01 18:44:00	4	2	4	14	1047488	EOL 6	1	Compute
3	1179	79	2020-04-02 14:30:00	2020-04-02 14:30:00	2020-04-02 14:58:00	29	6073	2020-04-02 14:58:00	29	0	4	14	1047487	Disp.2.1 Enenda	1	Compute
4	1177	80	2020-04-02 16:22:00	2020-04-02 16:26:00	2020-04-02 16:26:00	0	8782	2020-04-02 16:26:00	4	4	4	14	1047488	EOL 4	1	Compute
5	1179	79	2020-04-03 16:39:00	NULL	NULL	NULL	NULL	2020-04-03 16:42:00	3	NULL	4	14	1047487	Disp.2.1 Enenda	NULL	NULL
6	1182	85	2020-04-03 16:42:00	2020-04-03 16:54:00	2020-04-03 17:38:00	44	6073	2020-04-03 17:38:00	56	12	4	14	1047487	Disp.2.2	11	Phenat
7	1179	81	2020-04-03 20:07:00	NULL	NULL	NULL	NULL	2020-04-03 20:10:00	3	NULL	4	14	1047488	EOL 5	NULL	NULL
8	1186	89	2020-04-14 16:58:00	2020-04-14 17:01:00	2020-04-14 17:02:00	1	8864	2020-04-14 17:02:00	4	3	4	16	1047488	Disp.3 Tag Inspection	1	Compute
9	1186	89	2020-04-15 08:11:00	NULL	NULL	NULL	NULL	2020-04-15 08:20:00	9	NULL	4	16	1047488	Disp.3 Tag Inspection	NULL	NULL
10	1181	84	2020-04-15 12:19:00	2020-04-15 12:21:00	2020-04-15 12:32:00	11	6512	2020-04-15 12:32:00	13	2	4	16	1047488	EOL 8	22	Impresso
11	1186	89	2020-04-15 16:36:00	2020-04-15 16:51:00	2020-04-15 17:06:00	65	6073	2020-04-15 17:06:00	80	15	4	16	1047488	Disp.3 Tag Inspection	22	Impresso
12	1179	82	2020-04-17 10:48:00	2020-04-17 10:50:00	2020-04-17 11:12:00	22	6361	2020-04-17 11:12:00	24	2	4	16	1047488	EOL 6	18	Sensor
13	1186	89	2020-04-17 17:10:00	2020-04-17 17:21:00	2020-04-17 17:31:00	10	6073	2020-04-17 17:31:00	21	11	4	16	1047488	Disp.3 Tag Inspection	22	Impresso

Figura 12 - Exemplo de um query no programa “SQL Server Management Studio”.

4. Planos de Manutenção

Com o intuito de ter controlo sobre os recursos técnicos da manutenção, tais como, máquinas, equipamentos e ferramentas, é crucial existir a gestão da manutenção. É através desta que se torna possível a realização de um inventário dos equipamentos que a empresa possui, permitindo agendar o trabalho de forma eficaz, controlar os custos de modo a que não haja perdas ao nível financeiro em procedimentos de manutenção ineficientes e, por último, garantir a conformidade regulamentar. Para assegurar essa conformidade é necessário que todos os equipamentos estejam a trabalhar de forma ideal, tendo a manutenção preventiva um papel fundamental no processo. Tal como se referiu na secção 2.3, a manutenção preventiva define tarefas que têm de ser praticadas para manter o equipamento na sua condição ideal. Para tal, esta rege-se por planos de manutenção que contém estas listas de tarefas, conhecidas como *checklists*, bem como, a periodicidade de manutenções que os técnicos executam aos mesmos.

4.1. Exposição do caso de estudo

O Departamento da Manutenção da Preh Portugal – área da montagem - já possui planos de manutenção há vários anos, com *checklists* definidas para os seus equipamentos, com os técnicos responsáveis pela sua execução, a periodicidade com que determinadas operações devem ser executadas e a duração das mesmas. Contudo, este tomou a decisão de introduzir melhorias nas suas *checklists*, uma vez que o seu carácter geral carecia de uma linha criteriosa, isto é, a lista de tarefas era desenvolvida aquando da chegada do equipamento, executando-se listas de tarefas diferentes inúmeras vezes, para as mesmas ações. Devido à inexistência de um procedimento *standard*, estas não se apresentavam sempre com o mesmo formato e, consequentemente, não dispunham de um seguimento lógico, resultando assim num desperdício de tempo em duas vertentes: (a) a do responsável pela criação do plano de manutenção e, (b) a do técnico que levava a cabo a execução da manutenção preventiva. Por um lado, o responsável pela criação do plano de manutenção despendia muito do seu tempo a pensar quais as ações preventivas necessárias para o equipamento. Por outro lado, tendo em conta a ausência de um seguimento lógico, o técnico tinha a necessidade de ler a lista de tarefas inúmeras vezes para entender qual seria a operação seguinte. Para além disso, não havia um local próprio para o técnico fazer a verificação (“check”) da forma como tinha sido realizada cada uma das tarefas, o que poderia resultar no esquecimento da concretização de algumas delas. A maioria das *checklists* existentes não seguiam as recomendações dos fabricantes, pois, a pessoa responsável pela sua concretização, não dispunha do tempo necessário para

fazer essa análise criteriosamente. Como consequência, muitas destas encontravam-se desatualizadas por terem sido elaboradas há uma série de anos e, somando-se a ausência de conformidade com anteriores *checklists* executadas, resultou numa desvalorização por parte de vários técnicos que não as seguiam aquando da realização da manutenção preventiva. Posto isto, determinadas listas de tarefas apresentavam algumas lacunas, tornando a manutenção preventiva pouco eficiente e, resultando no incumprimento da função de prevenir avarias dos equipamentos, o que consequentemente se traduz em custos avultados quer em paragens, quer em ações corretivas. Adicionalmente, alguns equipamentos recentes que se encontravam a laborar não tinham ainda um plano de manutenção definido. Nesse sentido, o objetivo que foi colocado ao autor desta Dissertação foi o de melhorar as *checklists* desta área de manutenção criando listas de tarefas modelo em formato *Word*, de forma a tornar mais rápido o processo de criação do plano de manutenção, bem como, atribuir planos de manutenção aos equipamentos em falta.

4.2. Abordagem Adotada

Primeiramente, a estratégia iniciou com a abordagem dos diferentes equipamentos da área, numa lógica de familiarização com os seus mecanismos, para definir como se poderia melhorar as listas de tarefas. Com o passar do tempo, e após análise a vários equipamentos, concluiu-se que muitos destes possuíam processos semelhantes entre eles. Por este motivo, executaram-se listas de tarefas individualmente para cada processo, com o objetivo de funcionar como módulos independentes. Exemplificando, no momento em que uma nova máquina chega à empresa, há uma análise dos processos que esta possui, e, posteriormente, elabora-se a *checklist* no programa SAP, que se torna mais simples, tendo em conta que se definiu previamente o que executar para cada módulo em questão. Para a execução das listas de cada um dos processos, foi necessária a consulta de manuais dos fabricantes, juntamente com a experiência e histórico de avarias da empresa, por forma a tornar a *checklist* mais completa, abrangendo todos os pontos necessários para prevenir avarias no equipamento.

Pode-se visualizar na Figura 13, as listas de tarefas executadas em primeira instância para os diferentes processos. O objetivo primordial da criação destas tarefas em formato *Word* prende-se com o facto de o programa SAP (secção 3.1) dispor apenas de quarenta caracteres para fazer a descrição dos títulos das operações, o que não é suficiente para a descrição das mesmas. Assim, com a criação destas *checklists*, no programa SAP decidiu-se atribuir o título da operação, abrindo um campo onde se translada a informação do documento *Word*, não tendo que se reescrever novamente no SAP sempre que se cria um novo plano de manutenção.



Figura 13 - Listas de tarefas de processos realizadas numa primeira instância.

Legenda:

Operação

Suboperação

Eixos Elétricos IAI (Trimestral)

Limpeza

Passar um pano macio para remover o pó e sujidade OK (✓) NOK (✗)

Nota: nunca passar ar comprimido, para o pó não entrar para espaços pequenos. Nunca aplicar nenhum solvente ou álcool.

Verificação Funcional

Verificar se algum dos parafusos do atuador está solto OK (✓) NOK (✗)

Verificar se os cabos estão danificados OK (✓) NOK (✗)

Verificar se existe algum barulho estranho ou vibração OK (✓) NOK (✗)

Eixos Elétricos IAI (Anual)

Verificação Funcional

Remover a folha de aço inoxidável OK (✓) NOK (✗)

Inspeccionar a massa lubrificante do fuso de esferas OK (✓) NOK (✗)

Nota: se este estiver castanho, mas com um aspeto molhado e brilhante, o lubrificante está bom.

Se não, limpar a massa restante OK (✓) NOK (✗)

Aplicar à mão massa lubrificante de lítio no fuso OK (✓) NOK (✗)

Verificar estado da folha de aço inoxidável OK (✓) NOK (✗)

Verificar estado da correia:

(Se os dentes estiverem desgastados, a correia tiver inchado, ou existirem rasgos, a correia dele ser substituída)

Retirar a tampa da polia OK (✓) NOK (✗)

A correia deve ter uma tensão: OK (✓) NOK (✗)

$F = 0.12 \text{ a } 0.17 \text{ kgf}$ Deflexão: $\delta = 1.04 \text{ mm}$

Figura 14 - Lista de tarefas para o processo "Eixo Elétrico IAI", realizado na ferramenta informática Word.

Como se pode depreender análise da Figura 14, as tarefas subdividem-se em operação e suboperação. Anteriormente à escolha da periodicidade, importa referir a necessidade de definir “estratégia de manutenção” a utilizar, um dos campos obrigatórios de preenchimento no SAP. Estas estratégias vinculam determinadas periodicidades para as operações. Ao longo dos anos, a PP adotou “estratégias de manutenção” diferentes, nomeadamente, MANU03, MANU04. Atualmente, a estratégia utilizada é a

MANU05, uma vez que admite uma escolha de frequências mais abrangente: mensal, trimestral, semestral, anual, dois em dois anos, quatro em quatro anos, cinco em cinco anos, seis em seis anos, e de sete em sete anos. As diferenças entre as estratégias referidas prendem-se pelo facto de não contemplarem os períodos pretendidos. Posto isto, foi necessária a criação de “estratégias de manutenção” alternativas. Neste contexto, no momento de definir a periodicidade, utiliza-se a opção fornecida pelo SAP “Síntese Pacotes de Manutenção” que permite escolher para as “Operações” as frequências desejadas. Assim sendo, ao elaborar estas pré-listas no documento Word definiu-se de quanto em quanto tempo estas seriam realizadas. Este foi o formato adotado, com o objetivo de simplificar no momento de passar para o programa SAP.

Aquando da finalização desta primeira abordagem e, considerando que um equipamento tinha acabado de chegar à PP, procedeu-se à elaboração do seu plano de manutenção seguindo esta lógica. Designava-se por “Gluing Device Metal Sheet” e detinha os seguintes módulos: Ninho, Prato Rotativo, Preeflow, Delo, Visão, Plasma, Robot KUKA, Eixos Elétricos IAI. Acoplado a este equipamento, encontrava-se um subequipamento com a função de alimentar o dispositivo principal com as chapas de metal completamente limpas, devido a um processo de limpeza a laser, sendo designado por “Automotive Feeding Cleaned Metal Sheets”. Dada a criticidade deste subequipamento, considerou-se ser necessário a execução de um plano de manutenção individual, com o intuito de o manter sempre em excelentes condições, utilizando, para isso, a lista de tarefas denominada “CleanLaser”.

De seguida, foi necessário o estudo dos restantes equipamentos que constituem a área de montagem, com o objetivo de construir as *checklists* para cada um dos processos, de forma a não descurar nenhum.

Após alguma reflexão, entendeu-se que, apesar da metodologia das listas para cada processo ser uma mais-valia, se não se criasse um *modus operandi*, devido à vasta quantidade e diversidade de dispositivos existentes, no momento de elaborar a lista de tarefas, a possibilidade de negligenciar um ou mais processos para a máquina em questão seria elevada.

Assim, e como supracitado, no momento do preenchimento da lista de tarefas no programa SAP, é necessário atribuir um número à operação e um número à suboperação, como se pode observar na Figura 15.

Síntese geral de operações					
Oper	SbOp	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição da operação
0001		0252	3000	PM01	PCA e ICA
0001	0301	0252	3000	PM01	Fechar ICA

Figura 15 - Exemplo do número de "Operação" e "Suboperação" no programa SAP.

No exemplo anterior, atribuiu-se à operação “PCA e ICA” o número de operação 0001 e à suboperação “Fechar ICA” o número 0301. Deste modo, foi atribuído um número com um seguimento lógico a todas as operações criadas em documentos *Word*. Por conseguinte, seguindo a lista (Figura 16) vamos selecionando as operações que fazem mais sentido para a máquina em questão, garantindo assim, não haver possibilidade de esquecimento de nenhum dos processos.

Operação_ 1 ICA PCA	Operação_ 49 Robot Epson Interno (Semestral)
Operação_ 2 Manutenção 1º Nível	Operação_ 50 Robot Epson Interno (Trimestral) JMS
Operação_ 3 Segurança Equipamento (Anual)	Operação_ 51 Robot Kuka Interno (Trimestral) JMS
Operação_ 10 Mecânico Geral (Trimestral)	Operação_ 52 Robot Kuka Externo (Anual)
Operação_ 11 Prensa e Ninho (Trimestral)	Operação_ 54 Pick&Place_End of Arm Tooling (Trimestral)
Operação_ 15 Sistema de transporte com correias (Trimestral)	Operação_ 55 Plasma (Trimestral) JMS
Operação_ 20 Pneumático Geral_Mesas_Vacuo_Ionizador (Trimestral)	Operação_ 56 Plasma (Anual)
Operação_ 30 Lubrificação Geral (Trimestral) JMS	Operação_ 58 Fixação TermoPlástica (Trimestral)
Operação_ 31 Lubrificação Doseamento SOMA (Trimestral)	Operação_ 60 Bonding_Preflow&Delo (Trimestral) JMS
Operação_ 32 Lubrificação Doseamento Preflow (Trimestral) JMS	Operação_ 61 Bonding_Preflow&Delo (Anual)
Operação_ 33 Lubrificação Doseamento Preflow (Anual)	Operação_ 65 Visão (Trimestral) JMS
Operação_ 34 Lubrificação Doseamento DOPAG (Trimestral) JMS	Operação_ 68 Acústica e Haptic (Trimestral)
Operação_ 40 Elétrico Geral_ Calhas_ESD_Terra_Sensores_Scanner_UPS_QE (Trimestral)	Operação_ 70 Medição forças (Trimestral)
Operação_ 41 Contactação mecânica e elétrica com a peça (Trimestral)	Operação_ 75 Pinças Torque Rotativas (Trimestral) JMS
Operação_ 42 Contactação mecânica e elétrica com a peça - Relés (Anual)	Operação_ 84 CleanLaser (Trimestral)
Operação_ 43 Prato Rotativo (Trimestral)	Operação_ 85 Aspiração laser (Trimestral)
Operação_ 44 Prato Rotativo (Anual)	Operação_ 86 Aspiração laser (Anual)
Operação_ 45 Eixos Elétricos IAI (Trimestral) _ JMS	Operação_ 90 Sistemas de Impressão Interna (Trimestral)
Operação_ 46 Eixos Elétricos IAI (Anual)	Operação_ 91 Sistema de Impressão Externa (Semestral)
Operação_ 47 Eixos Elétricos LinMot (Trimestral)	Operação_ 95 Baterias internas do PLC e PC (5 anos)
	Operação_ 100 Notas Finais

Figura 16 - Listagem das *checklists* com o respetivo número e nome de Operação.

Relativamente às suboperações, é regra na PP começar com o número “03XX” sendo que os números representados no exemplo como “XX” iniciam-se sempre com o número da operação, seguindo-se a contagem normal no caso de existirem mais do que uma suboperação para a operação em questão, como se ilustra na Figura 17.

0010		0252	3000	PM01	MECÂNICO GERAL_PRENSA_NINHO (TRIM)
0010	0310	0252	3000	PM01	Mecânico Geral
0010	0311	0252	3000	PM01	Prensa e Ninho

Figura 17 - Exemplo de uma Operação com mais do que uma Suboperação.

Tendo em vista a aplicação deste novo formato e, de forma a futuramente não se cometer qualquer erro na eliminação de planos de manutenção dos equipamentos existentes com estratégia de manutenção “MANU05”, foi necessário aplicar um método de trabalho que consistiu na divisão da maioria dos equipamentos dispostos pela organização em três grandes famílias: Dispositivos, Linhas Flex EOL e Pratos Rotativos. Após esta categorização, procedeu-se à elaboração da *checklist* base para cada uma destas famílias, com o intuito de simplificar a criação das restantes quando envolvem mais módulos.

De notar que, uma *checklist* pode estar designada para vários itens de manutenção, desde que, estes sejam da mesma tipologia.

4.2.1. Dispositivos

Realizou-se um estudo para apurar quais seriam os processos/operações que abrangiam todos os equipamentos dos Dispositivos, no sentido de os incluir na lista de tarefas base. Considera-se como Dispositivos, todas as máquinas pelas quais a peça passa para a sua montagem (encontra-se na Figura 18 um exemplo ilustrativo).



Figura 18 - Exemplo de um Dispositivo, nomeadamente, OP240 da linha ZBE 3 (BMW).

Após várias considerações, a *checklist* base final para os dispositivos é a seguinte:

0001 – PCA e ICA	0041 – Contactação Mecânica e Elétrica com a peça (Trimestral)
0002 – Manutenção de 1º nível (Trimestral)	0042 – Contactação Mecânica e Elétrica com a peça (Anual)
0003 – Segurança da Máquina (Anual)	0045 – Eixo Elétrico IAI (Trimestral)
0010 – Sistema Mecânico (Trimestral)	0046 – Eixo Elétrico IAI (Anual)
0011 – Prensa e Ninho (Trimestral)	0090 – Impressora/Dispensador (Trimestral)
0020 – Sistema Pneumático (Trimestral)	0095 – Bateria PC e PLC (5anos)
0040 – Sistema Elétrico (Trimestral)	0100 – Notas Finais

Figura 19 - *Checklist* base para os Dispositivos (483_1)

A lista de tarefas exibida na Figura 19 é a base para a maioria dos Dispositivos, porém, quando os equipamentos têm outros módulos, são criadas outras *checklists* utilizando esta, mas adicionando os módulos em questão.

Na Figura 20, encontra-se um exemplo do que foi explicado anteriormente, isto é, criou-se uma *checklist* base para os dispositivos de montagem com o número “Grupo Lista de Tarefas” 483 e com o numerador de grupo 1. Para os dispositivos que têm lubrificação e doseamento da marca DOPAG, acrescentou-se à lista “Dispositivos Montagem” a operação 30 “Lubrificação Geral” e a operação 34 “Lubrificação Doseamento Dopag”, da lista da Figura 16, e removeram-se as operações 41 e 42, i.e., “Contactação com a peça” trimestral e anual, respetivamente, uma vez que este dispositivo em concreto, não possui um sistema de contacto elétrico com a peça. Assim, esta nova *checklist* pertence ao Grupo Lista de Tarefas 483, contudo, o numerador de grupo passa a ser o 14.

GrpLisTar. 483

Síntese geral roteiros	
NGr	TxtBreve roteiro
1	Dispositivos Montagem
11	Dispositivos Pick&Place com Robot Epson
12	Dispositivos Montagem "Fim de Vida"
13	Dispositivos Lubrificação c/ Ecopen
14	Dispositivos Lubrificação c/ DOPAG
15	Dispositivos Lubrif. c/SOMA e Robot KUKA
16	Disp. Lubrif. Ecopen c/Robot Epson
17	Dispositivos Acústica e Haptic
18	Dispositivos Montagem c/ Plasma

Figura 20 - Exposição do Grupo Lista de Tarefas 483, com todas as *checklists* para os dispositivos.

4.2.2. Linha Flex EOL

Posteriormente à conclusão de todas as modificações a serem realizadas no grupo de tarefas 483 (Dispositivos), praticou-se a mesma filosofia de pensamento para a Linha Flex EOL. Antes de avançar para a apresentação final da lista de tarefas, importa referir que EOL significa “End of Line”, isto é, nestas linhas realiza-se o teste final à peça. No que concerne à terminologia “Flex”, esta adoção deve-se ao facto de este teste se proceder em linha reta, existindo um sistema de transporte dos carrinhos por correias, passando pelas diferentes estações, distinguindo-se dos pratos rotativos, que serão apresentados na secção 4.2.3.

As Linhas Flex EOL, exemplo ilustrativo na Figura 21, são constituídas por várias estações que analisam o comportamento da peça final referente ao Binário, à Visão e à medição das Forças. Nesta etapa faz-se a marcação da peça, ou seja, as gravuras que são realizadas através da decapagem da pintura, através de um laser.



Figura 21 – Exemplo de linha flex EOL, nomeadamente, linha flex EOL da V408 (Ford).

Posto isto, a *checklist* para estas linhas detém as seguintes operações:

0001 – PCA e ICA	0046 – Eixo Elétrico IAI (Anual)
0002 – Manutenção de 1º nível (Trimestral)	0065 – Visão (Trimestral)
0003 – Segurança da Máquina (Anual)	0070 – Medição de Forças (Trimestral)
0010 – Sistema Mecânico (Trimestral)	0075 – Pinças Torque Rotativas (Trimestral)
0015 – Sistema Transporte com Correias (Trimestral)	0085 – Aspiração Laser (Trimestral)
0020 – Sistema Pneumático (Trimestral)	0086 – Aspiração Laser (Anual)
0040 – Sistema Elétrico (Trimestral)	0090 – Sistema de Impressão Interno (Trimestral)
0041 – Contactação Mecânica e Elétrica com a Peça (Trimestral)	0091 – Sistema de Impressão Externo (Semestral)
0042 – Contactação Mecânica e Elétrica com a Peça (Anual)	0095 – Bateria PC e PLC (5 anos)
0045 – Eixo Elétrico IAI (Trimestral)	0100 – Notas Finais

Figura 22 - *Checklist* base para as Linhas Flex EOL (479_2)

Esta abrange a maioria das linhas flex EOL, porém, para o caso específico da linha teste HSTL (High Speed Testing Line) da BMW, foi necessário acrescentar as operações 51, 52 e 54, respetivamente, Robot Kuka Interno, Robot Kuka Externo e Pick&Place - End of Arm Tooling, formando a *checklist* 479 com numerador 4, Figura 23.

GrpLisTar. 479	
Síntese geral roteiros	
NGr	TxtBreve roteiro
2	Linha Flex EOL
4	Linha Flex EOL c/ Robot KUKA

Figura 23 - Exposição do Grupo Lista de Tarefas 479, com todas as *checklists* para as linhas flex EOL.

4.2.3. Pratos Rotativos

De seguida, implementou-se a lista de tarefas na terceira família de equipamentos: Pratos Rotativos (Figura 24). Estas máquinas dividem-se em dois tipos: Pratos rotativos de montagem e Pratos rotativos EOL. Como as suas designações indicam, os primeiros enquadram-se na parte da montagem da peça, sendo parte integrante do processo de montagem, os segundos, têm como função fazer o teste final à peça, o mesmo procedimento das linhas flex EOL, passando pelas diferentes estações de Binário, Visão, medição de Forças. A grande diferença entre uma linha Flex EOL e o Prato Rotativo EOL é o espaço que ocupam. Enquanto que a primeira requer um espaço considerável, a segunda ocupa uma área menor.

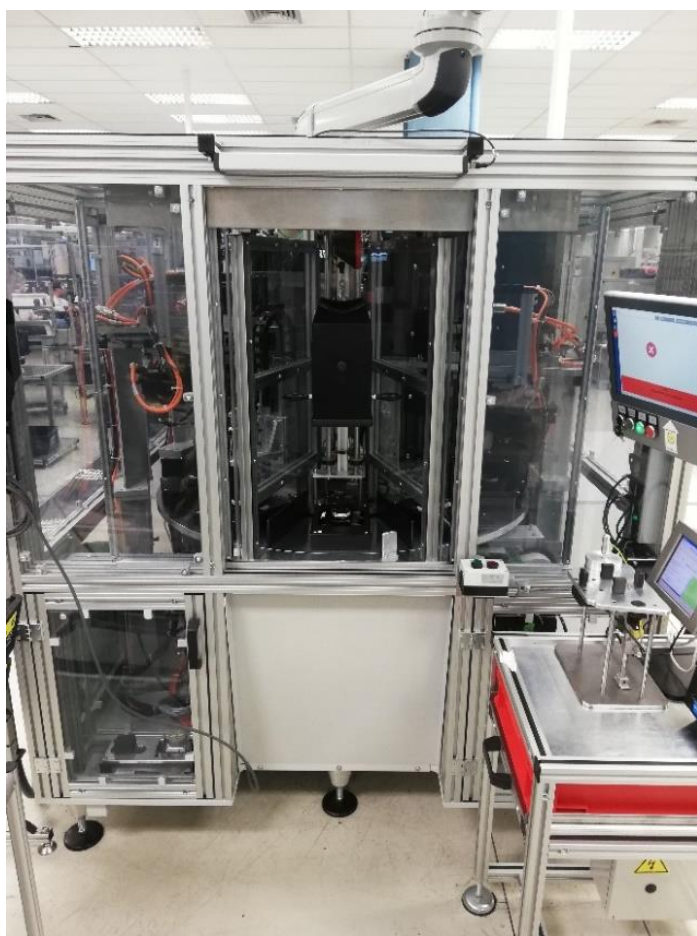


Figura 24 - Exemplo de um Prato Rotativo, nomeadamente, Prato Rotativo EOL da linha ZBE 3 (BMW).

Devido à existência de dois subgrupos, tornou-se necessário criar *checklists* diferentes, uma para a parte de montagem e outra para a EOL. Na Figura 25, ilustra-se de uma forma esquemática a comparação entre duas listas de tarefas base, antes de qualquer módulo que se possa acrescentar.

Prato Rotativo Montagem	Prato Rotativo EOL
0001 – PCA e ICA	0001 – PCA e ICA
0002 – Manutenção de 1º nível (Trimestral)	0002 – Manutenção de 1º nível (Trimestral)
0003 – Segurança da Máquina (Anual)	0003 – Segurança da Máquina (Anual)
0010 – Sistema Mecânico (Trimestral)	0010 – Sistema Mecânico (Trimestral)
0020 – Sistema Pneumático (Trimestral)	0020 – Sistema Pneumático (Trimestral)
0040 – Sistema Elétrico (Trimestral)	0040 – Sistema Elétrico (Trimestral)
0043 – Prato Rotativo (Trimestral)	0041 – Contactação Mecânica e Elétrica da Peça (Trimestral)
0044 – Prato Rotativo (Anual)	0042 – Contactação Mecânica e Elétrica com a Peça (Anual)
0045 – Eixo Elétrico IAI (Trimestral)	0043 – Prato Rotativo (Trimestral)
0046 – Eixo Elétrico IAI (Anual)	0044 – Prato Rotativo (Anual)
0065 – Visão (Trimestral)	0045 – Eixo Elétrico IAI (Trimestral)
0095 – Baterias Internas PC e PLC (5 anos)	0046 – Eixo Elétrico IAI (Anual)
0100 – Notas Finais	0047 – Eixo Elétrico LinMot (Trimestral)
	0065 – Visão (Trimestral)
	0070 – Medição de Forças (Trimestral)
	0075 – Pinças Torque Rotativas (Trimestral)
	0090 – Sistema Impressão Interna (Trimestral)
	0091 – Sistema Impressão Externa (Semestral)
	0095 – Baterias Internas PC e PLC (5 anos)
	0100 – Notas Finais

Figura 25 - Comparativo entre *checklists* base do Prato Rotativo Montagem e do Prato Rotativo EOL.

De salientar que, devido à grande variedade de Pratos Rotativos existentes na PP, surgiu a necessidade de inserir módulos em ambas as listas. Efetivamente, o número de *checklists* criadas foi de sete, Figura 26.

GrpLisTar. 480

Síntese geral roteiros	
NGr	TxtBreve roteiro
3	Prato Rotativo EOL
7	Prato Rotativo EOL c/ Laser
8	Prato Rotativo EOL c/ Robot KUKA
9	Prato Rotativo c/ Bonding
10	Prato Rotativo c/ Robot EPSON e Bonding
11	Prato Rotativo c/ Robot KUKA e Bonding
12	Prato Rotativo Pick&Place c/ Plasma

Figura 26 – Exposição do Grupo Lista de Tarefas 480, com todas as *checklists* para os pratos rotativos.

Assim, à máquina “Gluing Device Metal Sheets”, com o número de item de manutenção 20487, composta por um prato rotativo e com os seguintes módulos: Bonding (Colagem e Secagem), Plasma, três Robots KUKA, Pick&Place-End of Arm Tooling foi atribuída a lista de tarefas 480_11, que tem por base a *checklist* Prato Rotativo Montagem, à qual foram acrescentados os módulos mencionados acima.

À exceção desta grande divisão, há componentes que apesar de se inserirem nas três grandes famílias de equipamentos, por vezes até se inserem no mesmo equipamento, possuem planos de manutenção independentes, devido à criticidade deles. Trata-se de dispositivos que avariam com mais regularidade, causando paragens de equipamento, ou até, paragens de linha, com frequência. Posto isto, foram criados planos independentes para os técnicos se poderem dedicar com mais afinco, de modo a que se diminua este tipo de paragens. Para cada um destes componentes foi realizada uma *checklist* individual que apenas diz respeito ao mesmo. São exemplos deste tipo de equipamentos as aparafusadoras, os cortantes das molas, o laser, entre outros.

4.3. Planos com estratégia MANU03 e MANU04

Tal como se referiu na secção 4.2, a PP utiliza nos seus planos de manutenção a estratégia “MANU05”, que oferece uma periodicidade das operações vasta: mensal, trimestral, semestral, anual, dois em dois anos, quatro em quatro anos, cinco em cinco anos, seis em seis anos ou, por último, de sete em sete anos. Contudo, nem sempre foi assim. De facto, muitos são os equipamentos que ainda se encontram com a estratégia “MANU03” e “MANU04”. Isto constituiu um problema para a PP, tendo em conta que não se podia atribuir a estes planos de manutenção as novas *checklists* criadas, uma vez que as mesmas foram concebidas de acordo com a atual estratégia. De frisar que os planos de manutenção e as listas de tarefas têm de estar em consonância relativamente à estratégia adotada. Por um lado, a “MANU03” assemelha-se à estratégia atual, dado que apenas não contempla a periodicidade mensal. Apesar de a maioria dos planos que estavam designados a esta, já serem de equipamentos antigos (ou que são linhas *aftermarket*, isto é, linhas que continuam a produzir em menores quantidades, ou linhas que já se encontram desabilitadas), ainda existem linhas que são consideradas importantes, devido à sua presença no contexto produtivo. Por este motivo, justificava-se a alteração dos seus planos para o novo formato, de modo a que no momento da manutenção preventiva, os técnicos seguissem a mesma filosofia aplicada nos restantes equipamentos, tornando-se mais lógica e intuitiva a sua execução.

As linhas que sofreram modificação dos seus planos foram:

- 35 UP/FKA/PL6 (BMW);
- 35 UP Klima (BMW);
- Cortante 35 UP Klima (BMW);
- MMI EVO (AUDI).

Por outro lado, a “MANU04” distancia-se bastante da estratégia atual, pois, oferece somente a disponibilidade da frequência das operações: mensal e anual. Como consequência, esta estratégia foi pouco utilizada e só se procedeu à alteração de uma linha que ainda se encontra operacional, a AU37x que fabrica peças para a AUDI AG, peças que equipam os modelos Audi A3 e Q2.

Ao efetuar estas remodelações nos planos, houve uma preocupação para que as datas em que decorriam as manutenções dos planos antigos se mantivessem, de modo a que o planeamento das manutenções preventivas não saísse prejudicado.

É possível consultar no ANEXO 2, uma folha com todas as alterações realizadas às *checklists* da manutenção da área da montagem, as que foram eliminadas, as que se criaram de origem, bem como

as que foram modificadas. Adicionalmente, em algumas delas existe a informação de quais os itens de manutenção a que estão associadas.

No ANEXO 3, encontra-se um exemplo de uma ordem de manutenção preventiva ao dispositivo OP101 – *Silicone balls* da linha produtiva do BZM. Esta ordem está destinada ao técnico Jorge Varela, uma vez que é um dos responsáveis pela linha, visto que acompanhou toda a evolução da mesma, tendo um grande *know-how* do funcionamento dos equipamentos.

4.4. Comparativo do “antes” e “depois” de uma *checklist*

Com o intuito de demonstrar claramente as alterações efetuadas nas listas de tarefas exhibe-se na Figura 27 um exemplo ilustrativo da *checklist* 480_3, que vigorava antes da adoção do novo formato. Nesta, é possível perceber que se tentava fazer a descrição da suboperação no espaço limitado por quarenta caracteres, o que ficava bastante desorganizado.

GrpLstTar. 480		Teste Prato Rotativo		NumGrpRot 3																				
Síntese geral de operações																								
Oper	Sb....	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição da operação																			
0010		0252	3000	PM01	Sistema mecanico Geral																			
0010	0310	0252	3000	PM01	Verificar desgaste guias,articulações .						0020	0326	0252	3000	PM01	Limpar e analisar estado sensores		0081	0252	3000	PM01	Estação Torque(pínças Rotativas)		
0010	0311	0252	3000	PM01	analisar movimentos mecanicos						0020	0327	0252	3000	PM01	Verificar estado sinais luminosos		0081	0381	0252	3000	PM01	Verificar estado das Gólpilhas(<,>,<>)	
0010	0312	0252	3000	PM01	verificar aperto dos batentes						0020	0328	0252	3000	PM01	Verificar ligações ESD		0081	0382	0252	3000	PM01	Verificar estado das borrachas silicone,	
0010	0313	0252	3000	PM01	verificar estado das molas e substituir						0021		0252	3000	PM01	Sensores Analógicos		0082	0252	3000	PM01	Estação de Medição de Forças		
0010	0315	0252	3000	PM01	limpar e lubrificar guias						0021	0321	0252	3000	PM01	Verificar estado sensores analógicos de		0082	0383	0252	3000	PM01	Verificar estado da célula de carga e	
0010	0318	0252	3000	PM01	Verificar estado de partes móveis,						0023		0252	3000	PM01	Quadro electrico		0082	0384	0252	3000	PM01	Analisar estado Amplificar e	
0010	0319	0252	3000	PM01	Executar trabalhos especificos fornecedo						0023	0307	0252	3000	PM01	Confirmar tensão fontes alimentação,		0082	0385	0252	3000	PM01	Confirmar aperto/fixação SMAc e célula	
0011		0252	3000	PM01	Sistema vacuo (se aplicável)						0023	0308	0252	3000	PM01	substituir filtro e limpeza geral quadro		0083		0252	3000	PM01	Estação dinâmico	
0011	0311	0252	3000	PM01	Ventosas_ efectuar limpeza e						0030		0395	3000	PM01	Baterias / pilhas do sistema		0083	0386	0252	3000	PM01	Analisar estado dos cilindros, limpar	
0011	0312	0252	3000	PM01	Filtro Vacuo_ verificar e substituir se						0030	0325	0252	3000	PM01	Substituir baterias PLC		0084		0252	3000	PM01	Estação Visão	
0015		0252	3000	PM01	Sistema Pneumático						0030	0330	0395	3000	PM01	Bateria encoder C4 e C4L - R13N860011		0084	0387	0252	3000	PM01	Verificar fixação e limpar lentes	
0015	0301	0252	3000	PM01	cilndros, verificar estado de sistema						0030	0331	0256	3000	PM01	Bateria Controlador RC90 - R13B060003		0085		0252	3000	PM01	Scanners	
0015	0302	0252	3000	PM01	sensores, Verificar estado e fixação						0030	0332	0256	3000	PM01	Bateria Robot LS - R13B060007		0085	0388	0252	3000	PM01	Verificar fixação e limpar lentes, caso	
0015	0303	0252	3000	PM01	Batentes pneumaticos, Verificar fixação						0031		0252	3000	PM01	Bateria PC_ BIOS		0090		0252	3000	PM01	Fichas de contacto com a peça	
0015	0305	0252	3000	PM01	Valvulas, verificar estado e fugas						0031	0333	0252	3000	PM01	Substituir (6 anos)		0090	0390	0252	3000	PM01	Analisar estado da ficha e substituir	
0015	0306	0252	3000	PM01	Pressão ar comprimido, aferr pressão do						0040		0256	3000	PM01	Estação da impressora		0090	0391	0252	3000	PM01	Contactos INGUN: limpar cabeça e testar	
0015	0307	0252	3000	PM01	Fugas Ar comprimido, eliminar						0040	0340	0256	3000	PM01	Limpeza da cabeça de impressão		0090	0392	0252	3000	PM01	Contactos ODU: efectuar a substituição	
0016		0252	3000	PM01	Cilindros/eixos electricos						0040	0341	0256	3000	PM01	Calibrar/ajustar cabeça de impressão		0091		0256	3000	PM01	Sensores analógicos com AUTO_Calibração	
0016	0319	0252	3000	PM01	Verificar aperto, batentes fim de curso						0050		0256	3000	PM01	Computador		0091	0397	0256	3000	PM01	Efetuar a calibração do equipamento com	
0016	0320	0252	3000	PM01	Desmontar protecção, limpar resíduos e						0050	0350	0256	3000	PM01	Limpeza Filtros PC (externo e interno)		0092		0252	3000	PM01	Sistema de transporte_Prato	
0020		0252	3000	PM01	Sistema Electronico(comando)						0080		0256	3000	PM01	Relés comunicação com a peça		0092	0398	0252	3000	PM01	verificar estado do motor e cablagens	
0020	0321	0252	3000	PM01	Verificar estado calhas articuladas e						0080	0380	0256	3000	PM01	Efectuar a substituição dos relés,		0093		0256	3000	PM01	Sistema de securanca	

Figura 27 - Lista de tarefas (480_3) do Teste Prato Rotativo, antes de efetuar as alterações.

Na Figura 28 observa-se a mesma lista de tarefas após as alterações efetuadas no âmbito desta Dissertação. O campo “Descrição da Operação” é utilizado, única e exclusivamente, para o nome da “operação” e “suboperação”, seguindo a ordem numérica estipulada na secção 4.2. Adicionalmente, seguido do nome da “operação” encontra-se a periodicidade da mesma. Este é um aspeto fundamental, pois, no momento de seleccionar as frequências das operações no campo “Síntese Pacotes de

Manutenção”, apenas é exibido o nome das “operações”. Tendo a periodicidade ao lado, facilmente se escolhe qual se pretende. Estas alterações conferiram uma melhor apresentação da informação, identificando-se claramente as operações a letra maiúscula e as suboperações com letra minúscula.

GrpLstTar. 480 Prato Rotativo EOL					NumGrpRot. 3										
Síntese geral de operações															
Oper	Sb...	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição da operação										
0001	0252	3000	PM01	PCA e ICA	0041	0342	0252	3000	PM01 Fichas de Contacto com a Peça	0075	0252	3000	PM01	PINÇAS TORQUE ROTATIVAS (TRIM)	
0001	0301	0252	3000	PM01	Fechar ICA	0041	0343	0252	3000	PM01 Contactos INGUN/POGO	0075	0375	0252	3000	PM01 Verificação Funcional
0002	0252	3000	PM01	EXEC. MANUT. 1º NÍVEL (Trim)	0041	0344	0252	3000	PM01 Contactos ODU	0075	0376	0252	3000	PM01 Sistema Elétrico	
0002	0302	0252	3000	PM01 Manutenção 1º nível	0041	0345	0252	3000	PM01 Estação de Elevação	0090	0252	3000	PM01	SISTEMA IMPRESSÃO INTERNA (TRIM)	
0010	0252	3000	PM01	MECÂNICO GERAL (TRIM)	0042	0252	3000	PM01	CONTACTAÇÃO MECÂNICA E ELÉTRICA (ANUAL)	0090	0390	0252	3000	PM01 Verificação Funcional	
0010	0310	0252	3000	PM01 Mecânico Geral	0042	0342	0252	3000	PM01 Relés de Comunicação com a Peça	0090	0391	0252	3000	PM01 Teste Impressão	
0020	0252	3000	PM01	PNEUM.GERAL_MESAS_VÁCUO_IONIZ. (TRIM)	0043	0252	3000	PM01	PRATO ROTATIVO (TRIM)	0091	0252	3000	PM01	SISTEMA IMPRESSÃO EXTERNA (SEMES)	
0020	0320	0252	3000	PM01 Pneumático Geral	0043	0343	0252	3000	PM01 Verificação Funcional	0091	0391	0252	3000	PM01 Confirmação	
0020	0321	0252	3000	PM01 Sistema de Vácuo	0044	0252	3000	PM01	PRATO ROTATIVO (ANUAL)	0095	0252	3000	PM01	BATERIAS INTERNAS DO PLC E PC (5 ANOS)	
0020	0322	0252	3000	PM01 Mesas - Cilindro Pneumático	0044	0344	0252	3000	PM01 Verificação Funcional	0095	0395	0252	3000	PM01 Substituição	
0020	0323	0252	3000	PM01 Ionizador	0045	0252	3000	PM01	EIXOS ELÉTRICOS IAI (TRIM)	0100	0252	3000	PM01	NOTAS FINAIS	
0040	0252	3000	PM01	ELET_CAL_ESD_TER_SENS_SCAN_UPS_QE(TRI	0045	0345	0252	3000	PM01 Verificação Funcional	0100	0399	0252	3000	PM01 Notas Finais	
0040	0340	0252	3000	PM01 Calhas Articuladas e Cabos	0046	0252	3000	PM01	EIXOS ELÉTRICOS IAI (ANUAL)						
0040	0341	0252	3000	PM01 Ligações ESD e Terra	0046	0346	0252	3000	PM01 Verificação Funcional						
0040	0342	0252	3000	PM01 Sensores Indutivos/Capacitivos e Óticos	0047	0252	3000	PM01	EIXOS ELÉTRICOS LINMOT (TRIM)						
0040	0343	0252	3000	PM01 Sensores Analógicos	0047	0347	0252	3000	PM01 Verificação Funcional						
0040	0344	0252	3000	PM01 Scanners	0047	0348	0252	3000	PM01 Sistema Elétrico						
0040	0345	0252	3000	PM01 Rede de Dados Interna	0065	0252	3000	PM01	VISÃO (TRIM)						
0040	0346	0252	3000	PM01 Quadro Elétrico	0065	0365	0252	3000	PM01 Verificação Funcional						
0040	0347	0252	3000	PM01 UPS	0065	0366	0252	3000	PM01 Sistema Elétrico						
0041	0252	3000	PM01	CONTACTAÇÃO MECÂNICA E ELETTRICA (TRIM)	0070	0252	3000	PM01	MEDIÇÃO FORÇAS (TRIM)						
0041	0341	0252	3000	PM01 Carrinho/Ninho Transporte da Peça	0070	0370	0252	3000	PM01 Célula de Carga e Amplificador						
0041	0342	0252	3000	PM01 Fichas de Contacto com a Peça	0070	0371	0252	3000	PM01 SMAC (atuador linear) e Controlador						

Figura 28 - Lista de tarefas (480_3) Prato Rotativo EOL, após efetuadas as alterações.

5. Indicadores de Desempenho

Neste capítulo serão apresentados os principais indicadores de desempenho utilizados pela Divisão da Manutenção da Preh Portugal, nomeadamente, a disponibilidade, o tempo médio entre avarias, o tempo médio de reparação e o tempo médio para assistência, tal como mencionado na secção 2.9. Para se tornar mais perceptível, a análise é sempre acompanhada com gráficos que explicitam o que se refere relativamente à evolução destes KPIs¹.

Posteriormente, será efetuada uma análise da disponibilidade dos técnicos da manutenção do primeiro turno, dado que constitui um problema atual neste departamento.

5.1. Introdução

Qualquer exercício de gestão exige que se definam objetivos e meios para averiguar se os mesmos estão a ser cumpridos ou não. De facto, a forma de controlar esses objetivos no seio da manutenção é através de indicadores de desempenho.

No Departamento da Manutenção os principais objetivos passam por: (a) conseguir realizar uma boa manutenção preventiva, reduzindo o número de avarias e rápidas reparações; (b) possuir o conhecimento de quais os equipamentos que são críticos, de maneira a se poder intervir com a finalidade de passar a ter uma boa disponibilidade para produção; (c) entre outros, sempre com vista a reduzir os custos de manutenção. Para se conseguir quantificar estes e outros objetivos é necessário quantificá-los utilizando para tal, os *key performance indicators* (KPIs). Estes traduzem em números os objetivos, o que permite avaliar a evolução ao longo de um determinado período de tempo, percebendo onde se deve intervir para se alcançar uma melhoria do desempenho. Como referido na secção 2.9, a escolha dos KPIs deve ser feita de forma consciente, tendo em mente que estes não deverão ser, pois a recolha e análise da informação ocupa muito tempo. Assim, esta deve ser sucinta para que facilite a tomada de decisões.

Deste modo, a análise na Preh Portugal, Lda. baseia-se em quatro indicadores: a disponibilidade (D), o tempo médio entre avarias ($MTBF$), o tempo médio de reparação ($MTTR$) e o tempo médio para assistência ($MTTA$). Para a realização deste estudo, realiza-se a exportação dos dados do programa *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, tal como foi mencionado no subcapítulo 3.2. Esta observação realiza-se diariamente, porém, com maior foco no início de cada mês. É nessa circunstância que se executa uma análise mais pormenorizada, com o intuito de tirar as devidas ilações acerca das

¹ Indicadores de desempenho (*Key Performance Indicators*).

manutenções preventivas executadas, bem como, perceber quais os dispositivos com maior número de intervenções corretivas, o desempenho dos técnicos dos respetivos turnos (primeiro, segundo e terceiro), com o objetivo de alcançar melhorias mês após mês, aplicando a metodologia descrita na subsecção 2.8.1.

5.2. Disponibilidade

Tal como se referiu na subsecção 2.9.4, a disponibilidade caracteriza-se pela quantidade de tempo que o equipamento estará disponível para operar, conforme estipulado pelo planeamento. Este indicador é considerado importante na organização, tendo sido definido como objetivo a atingir o valor 98% de disponibilidade das linhas mensalmente.

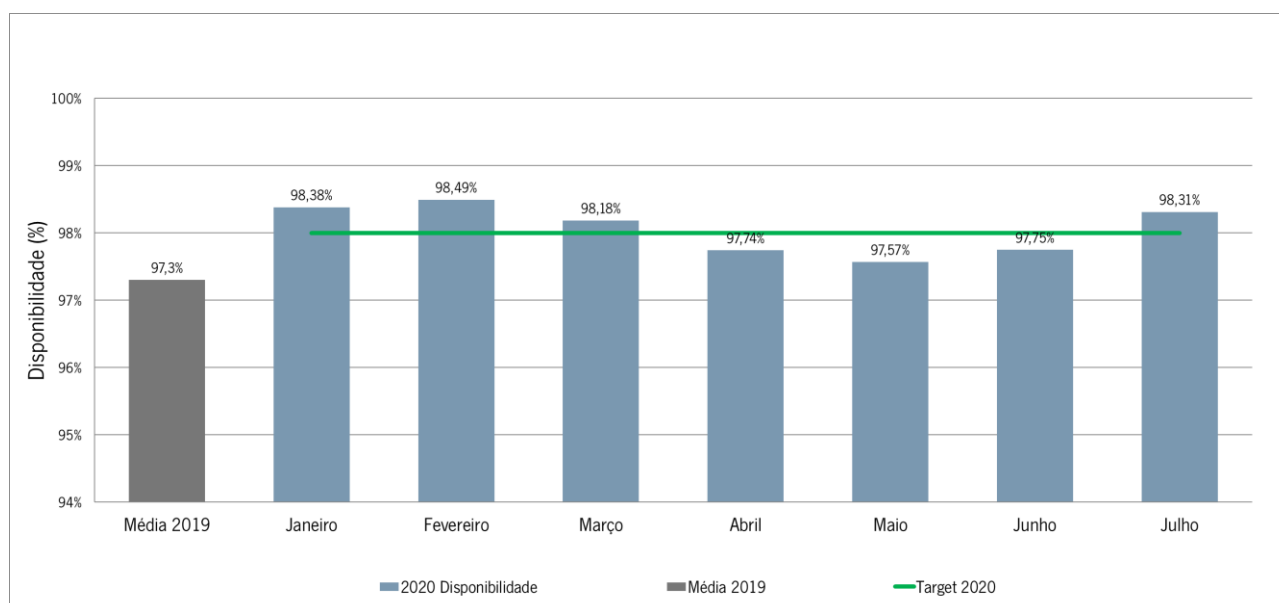


Figura 29 - Evolução da Disponibilidade na PP desde o início do ano 2020 até julho do mesmo ano.

Na Figura 29 observa-se a evolução do indicador da disponibilidade na PP desde o início do ano de 2020. Os três primeiros meses do ano foram meses em que a maioria das linhas trabalharam com poucas avarias, obtendo-se uma disponibilidade acima do objetivo estipulado, e bem acima do valor obtido no ano de 2019. Nos meses de abril e maio, os dados refletem o período pandémico coronavírus SARS-CoV-2, causador da Covid19, que afetou a sociedade. A empresa não encerrou por completo, à exceção de uma semana no mês de abril. No entanto, viveram-se períodos de *lay-off*, fazendo com que a manutenção não dispusesse da totalidade dos técnicos. Para além disso, as linhas não trabalharam a cem por cento, o que fez com que muitas destas arrancassem numa semana e na semana seguinte já estivessem paradas. Todas estas oscilações fizeram com que o indicador de disponibilidade tivesse caído

drasticamente neste período, aumentando a quantidade de avarias nas máquinas, uma vez que não se puderam realizar as manutenções preventivas previstas.

O mês de junho foi marcado pela alteração das *checklists*, tendo sido postas em prática as manutenções preventivas com os novos formatos, visíveis no Capítulo 4, manutenções essas com maior pormenor, que levam em consideração as recomendações do fabricante do equipamento, assim como, o histórico de avarias da empresa. Como se tratou de um mês de transição, em que as alterações foram realizadas ao longo do mesmo, algumas das ordens de trabalho para as manutenções preventivas de certos equipamentos não foram lançadas a tempo, resultando assim em valores não tão expressivos como seria de esperar. Porém, é notória uma melhoria face aos dois meses anteriores. A representação desses resultados encontra-se exposta na Figura 30, onde se apresenta o indicador de disponibilidade das piores linhas do mês de junho, sendo estas as que se encontram abaixo da linha vermelha, i.e., a meta dos 98%.

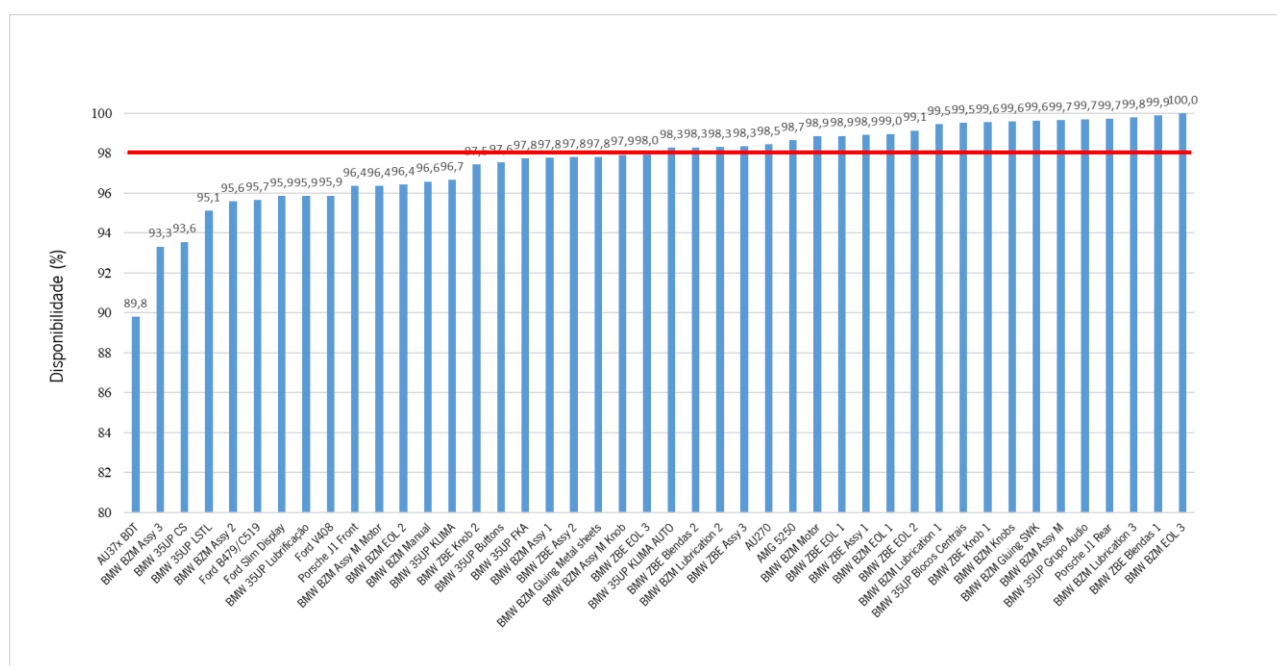


Figura 30 - Indicador de disponibilidade das piores linhas produtivas do mês de junho.

No mês de julho, todas as alterações aos planos de manutenção estavam concluídas e, como consequência, todas as ordens para manutenção preventiva puderam sair atempadamente, tendo sido realizadas com êxito.

Simultaneamente com a implementação das novas *checklists*, neste mês iniciou-se um novo projeto, de seu nome RED – Recuperação Específica da Disponibilidade. Este foi criado com o objetivo de catapultar o indicador de disponibilidade que vinha a ser registado desde o mês de abril, uma vez que o mesmo se encontrava abaixo do objetivo estabelecido. O RED utiliza a metodologia descrita na secção 2.8.2.

Para a implementação, dividiu-se a área da montagem em quatro partes, (Figura A1. 4):

- Área 1: Linha do ZBE (BMW);
- Área 2: Linha do 35UP (BMW);
- Área 3: Linha do BZM (BMW);
- Área 4: Linhas da AUDI, FORD, PORSCHE; AMG.

A cada uma destas áreas foi designado um responsável por cada um dos três turnos existentes, com o intuito de consciencializar os técnicos e envolvê-los no projeto, para que se sentissem motivados a adotar medidas de melhoria progressiva.

Inicialmente, o RED consistia na análise do equipamento com maior *down time* de cada uma das áreas na semana anterior, seguindo-se a indicação de melhorias a serem implementadas pelos técnicos responsáveis pelo mesmo. O prazo para implementação das mesmas foi de uma semana, salvo exceções, tais como a de ser necessário encomendar novas peças, não se ter disponibilizado tempo suficiente pela produção para a alteração ou no caso de serem modificações que exigissem a presença de um fornecedor externo. Porém, esse prazo era discutido quando se apresentavam as melhorias.

Posteriormente, chegou-se à conclusão que não faz sentido intervir apenas no equipamento com maior tempo de paragem, uma vez que, poder-se-á tratar de uma avaria esporádica que tivesse ficado resolvida no momento da intervenção, não existindo uma melhoria a realizar. Assim, a análise começou a ser executada ao equipamento com maior tempo de inatividade e ao equipamento com maior número de intervenções, dado que, as intervenções até podem ser pequenas, mas a sua recorrência significar que haverá algo de errado e que poderá ser melhorado.

Esta nova dinâmica despertou um renovado interesse nos técnicos, pois fez com que estes passassem a fazer algo novo todas as semanas e se esforçassem para que a sua área de responsabilidade passasse

a ser a melhor. De salientar, que a evolução nas linhas é notória e que se está a conseguir abordar os pontos mais críticos das mesmas.

Desta forma, a entrada em vigor de todos os novos planos de manutenção associado ao projeto RED – Recuperação Específica da Disponibilidade, colmatou numa subida do valor do indicador de disponibilidade geral dos equipamentos para os 98,31%, voltando assim a estar acima do objetivo estipulado dos 98%.

Na Figura 31 encontram-se representado o indicador de disponibilidade das piores linhas produtivas do mês de julho.

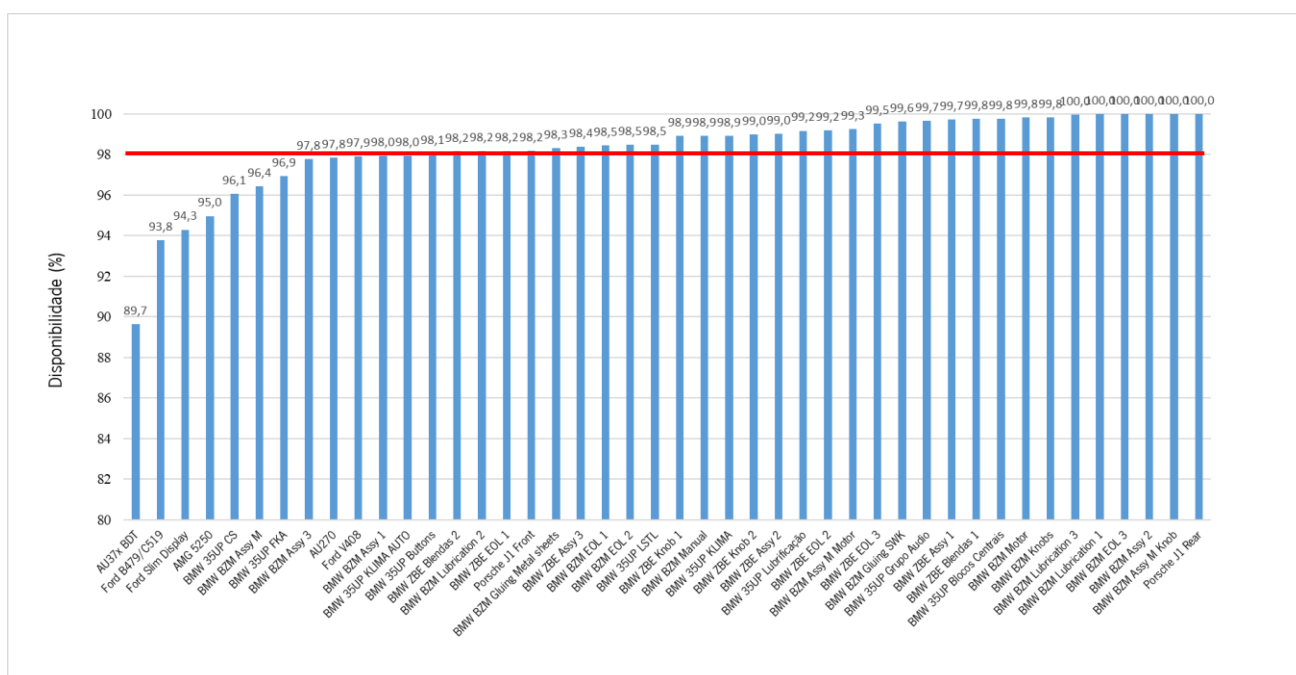


Figura 31 – Indicador de disponibilidade das piores linhas produtivas do mês de julho.

Comparativamente com a Figura 30, é notória a evolução do indicador de disponibilidade de diversas linhas, nomeadamente, linhas das quais a produção depende grandemente, como é o exemplo BMW BZM ASSY 2 e 3 ou BMW 35UP LSTL e LUBRIFICAÇÃO.

5.3. Tempo Médio Entre Avarias e Tempo Médio de Reparação

O tempo médio entre avarias (*MTBF*) é definido como o tempo médio em que o equipamento funciona corretamente entre as avarias. Deste modo, quanto maior for o seu valor, maior será a fiabilidade e a disponibilidade do equipamento. Como objetivo a atingir para o *MTBF*, o Departamento de Manutenção da PP definiu 700 minutos para a média das linhas da montagem.

Por outro lado, o tempo médio de reparação (*MTTR*) caracteriza-se por o tempo necessário para resolver problemas e reparar os equipamentos em estado de avaria, devolvendo-lhes as suas condições iniciais de funcionamento. Por esta razão, convém que este valor seja o mais baixo possível. Este indicador afeta diretamente a disponibilidade do dispositivo e, consequentemente, da linha. O *target* para este indicador na PP está definido como 30 minutos.

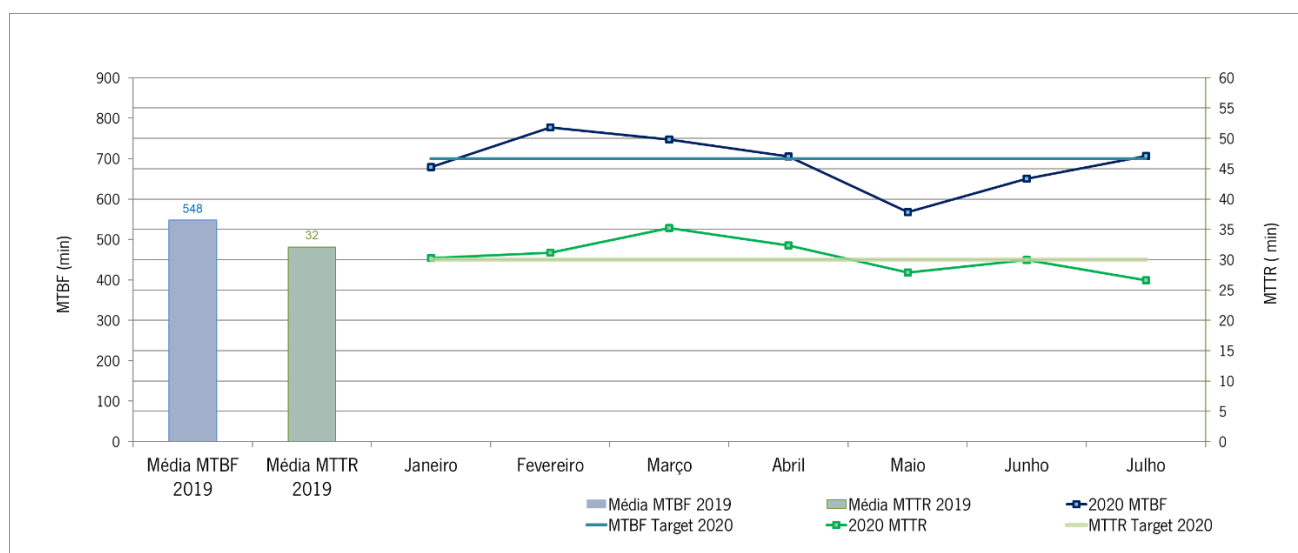


Figura 32 - Evolução do MTBF e MTTR ao longo do ano nas linhas de montagem da Preh Portugal.

Como seria expectável, os valores do *MTBF* e *MTTR* (Figura 32) espelham o que se passa com os valores relativos ao indicador de disponibilidade das linhas, corroborando as oscilações que se foram sentindo ao longo dos meses de 2020. Após a queda sofrida devido à pandemia, os valores de julho melhoraram, sendo o primeiro mês desde o início do ano que se conseguiu que os valores dos dois KPIs estivessem dentro das metas definidas pela Direção da Manutenção.

5.4. Tempo Médio Para Assistência

O tempo médio para assistência (*MTTA*) é o tempo decorrido desde o momento em que ocorre um alerta da avaria, até ao momento que o técnico inicia a reparação. Este é um indicador de extrema importância, dado que permite conhecer a resposta da equipa de manutenção às solicitações que são feitas. Através deste, depreende-se se há ou não carência de elementos para a equipa. Se o valor for muito elevado, pode significar que os técnicos estão a demorar muito tempo a chegar ao equipamento, o que indica que estes estão ocupados com outras avarias. Por outro lado, pode indicar que os elementos constituintes da equipa de manutenção não estão a seguir o procedimento das prioridades de reparação definidas na PP.

De facto, este procedimento indica que a prioridade de intervenção está relacionada com as necessidades do cliente, isto é, linhas em que a demanda de produtos é mais elevada. Para tal, os técnicos sabem quais as linhas de produção mais críticas por cada área. Porém, quando o número de solicitações é superior ao número de técnicos disponíveis, a prioridade passa a ser de acordo com:

1. Tempo previsto de intervenção (se for superior a dez minutos é considerada crítica, inferior não crítica);
2. Tipo de paragem do equipamento (“definitiva” é considerada crítica, “intermitente” é não crítica);
3. Lista de prioridades das linhas produtivas.

O objetivo deste critério é reparar o maior número de equipamentos com paragem definitiva, num curto espaço de tempo. Assim, devem realizar as reparações mais rápidas e, só depois, passar para as de maior tempo de intervenção. Utilizando este método pretende-se ter o maior número de linhas disponíveis, num curto espaço de tempo.

Dada a importância deste KPI, este foi um assunto muito discutido nas abordagens aos técnicos para os consciencializar da sua relevância. O Departamento da Manutenção definiu como limite máximo de intervenção os 15 minutos. Este valor é justificado pelo facto de algumas das linhas produtivas, como é o exemplo da linha BZM, se encontrarem distantes da oficina da empresa, bem como, para conceder margem de manobra no caso de se ter diversas avarias ao mesmo tempo.

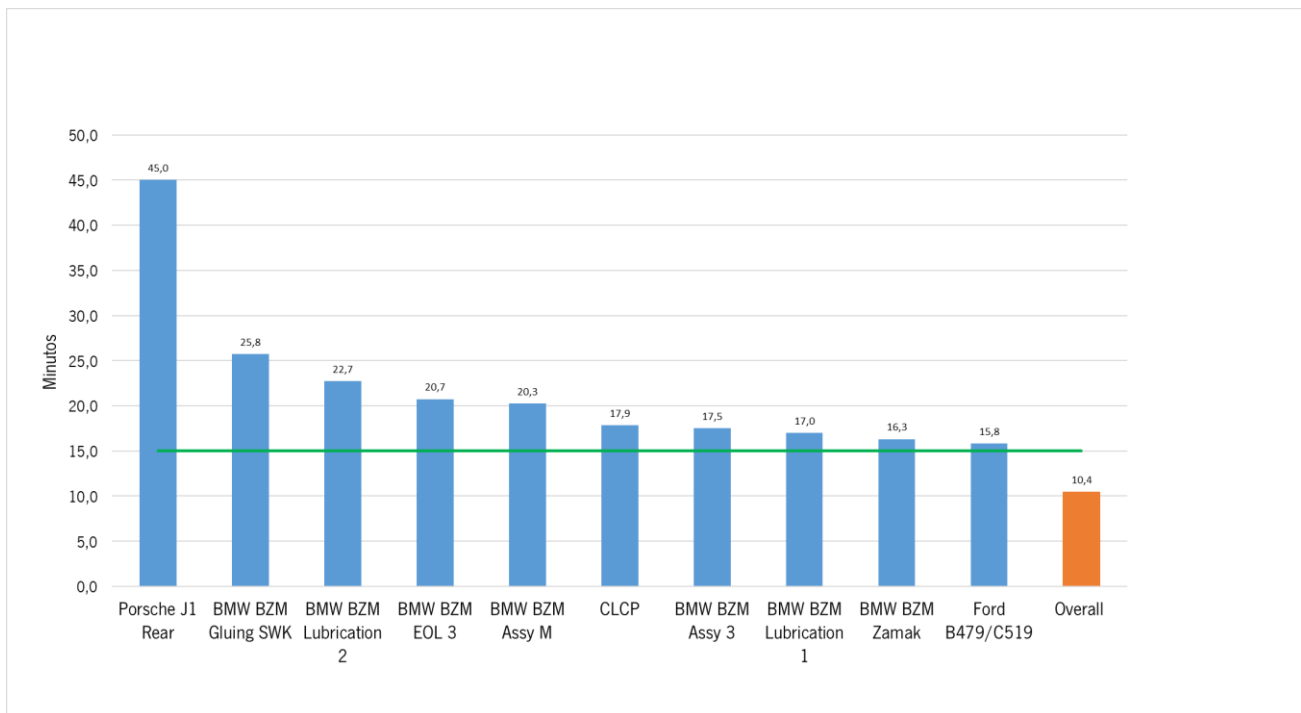


Figura 33 - Tempo médio para assistência (MTTA) das linhas produtivas da montagem, em fevereiro.

A Figura 33 representa as dez piores linhas no mês de fevereiro, notando-se que as mesmas se encontravam acima do limite estabelecido. Apesar destas, o panorama do indicador de MTTA geral das linhas produtivas era positivo, com uma média de 10,4 minutos. No entanto, havia a possibilidade de melhoria, pois existiam linhas com um tempo para assistência de 45 minutos, o que é inconcebível.

Após a análise destes valores, entendeu-se que havia uma necessidade de mão-de-obra, procedendo-se assim, à contratação de mais dois técnicos. Estas contratações foram fulcrais, uma vez que o indicador baixou nos restantes meses do ano, como é exemplo o mês de julho, com uma média de 8,9 minutos (Figura 34). Para além da média geral ter diminuído, o número das piores linhas do mês que se encontravam acima dos 15 minutos estabelecidos também diminuiu, passando de dez linhas para apenas quatro. Todos estes valores indicam que se está a seguir o caminho correto, nunca esquecendo que é indispensável continuar a lembrar aos técnicos das prioridades para reparação, assim como, incentivá-los para a consulta constante do OEE, de forma a colmatarem a avaria o mais rapidamente possível.

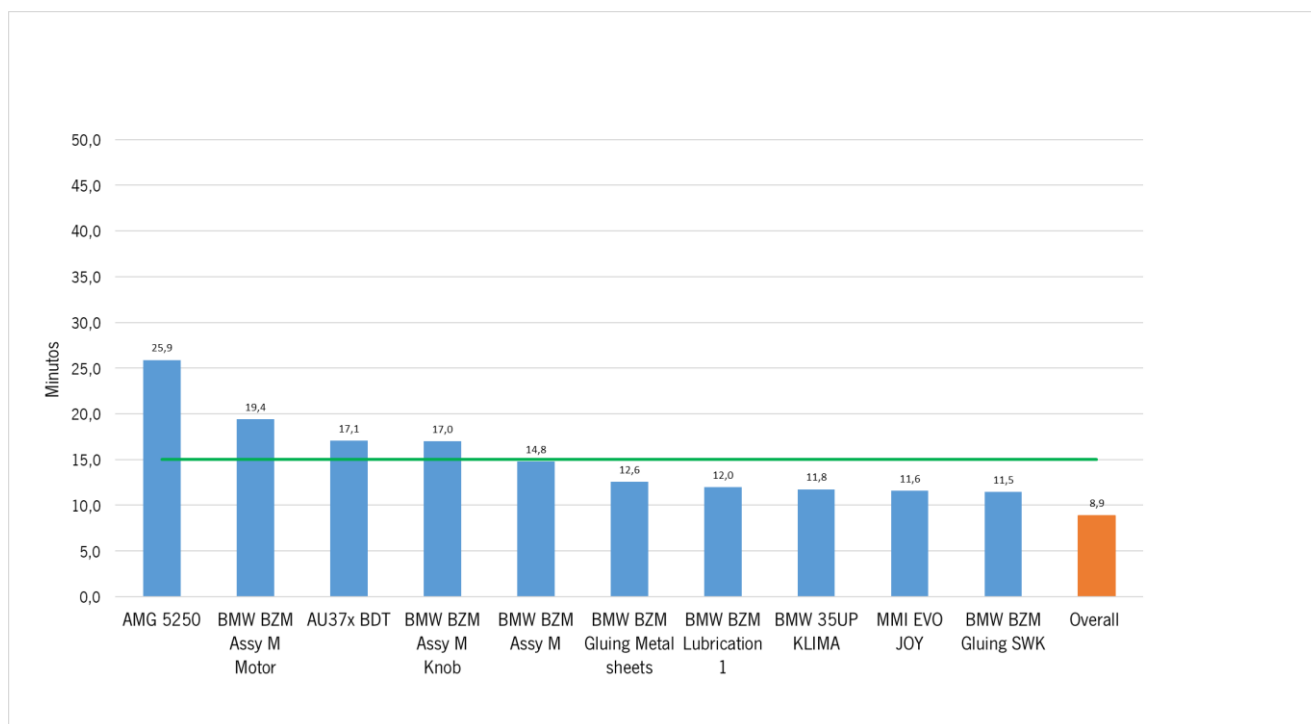


Figura 34 - Tempo médio para assistência (MTTA) das linhas produtivas da montagem, em julho.

5.5. Análise da Disponibilidade do 1º turno

Adicionalmente aos indicadores supracitados, outro caso de estudo realizado foi a disponibilidade do 1º turno. A necessidade desta análise prendeu-se com o facto de a disponibilidade deste ser sempre inferior à dos restantes, assim como, nunca ter atingido a meta dos 98%, nos sete primeiros meses do ano 2020, (Figura 35).

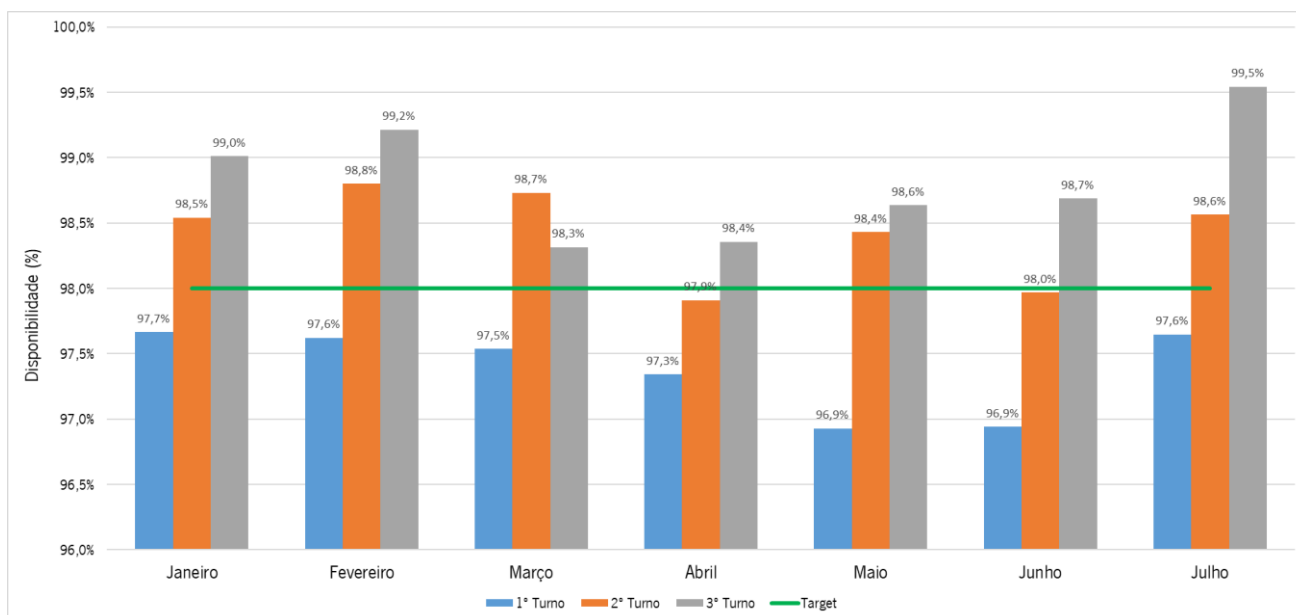


Figura 35 - Valores do indicador de disponibilidade para os diferentes turnos da equipa de manutenção da Preh Portugal.

Levando em consideração que o valor do indicador de disponibilidade do primeiro turno era baixo, decidiu-se agregar os dados no sentido de perceber quantas intervenções existiam por turno. Importa referir que o número de técnicos por turno é 7, 5 e 2, respetivamente. Assim sendo, com estas duas variáveis criou-se o indicador – Taxa de Esforço (T_E) – com o intuito de se ter um método de comparação entre turnos. Este é definido pelo número de intervenções (N_I) por número de técnicos (N_T) ao longo de um mês,

$$T_E = \frac{N_I}{N_T} \quad (11)$$

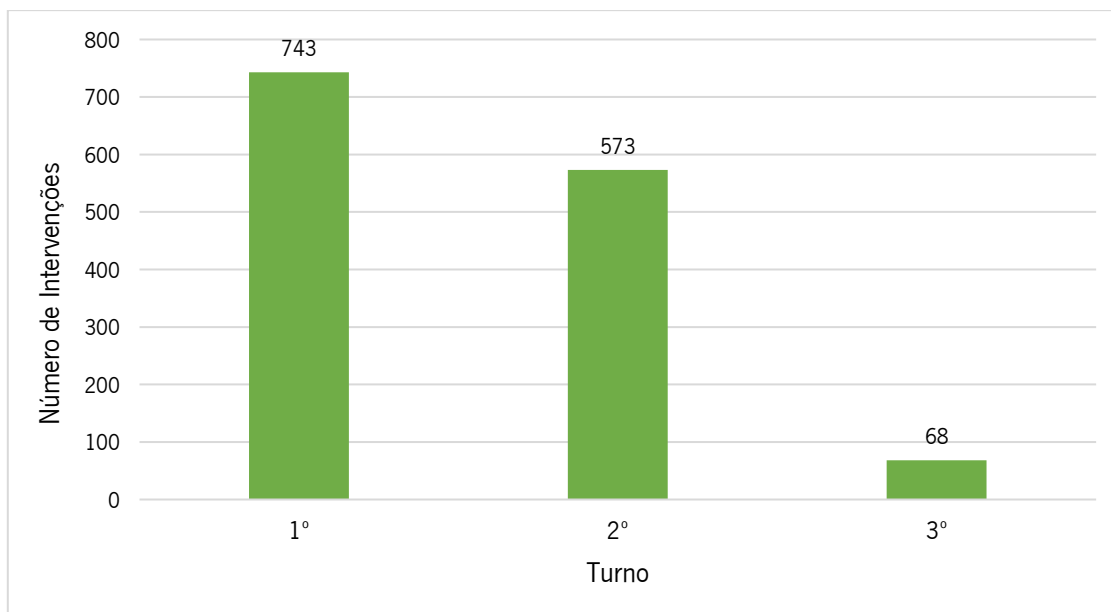


Figura 36 - Número de intervenções pelos respetivos turnos, no mês de julho.

A Figura 36 é referente ao mês de julho, mas representa uma realidade vivida na empresa desde janeiro até julho de 2020, isto é, o número de intervenções no primeiro turno é superior às intervenções dos outros dois em conjunto. Porém, utilizando a taxa de esforço (Tabela 1) percebe-se que o número de intervenções por técnico é mais expressivo no segundo turno, logo, se este último consegue uma boa disponibilidade mesmo tendo mais avarias por técnico, o anterior também o deveria conseguir.

Tabela 1 - Análise da taxa de esforço por turno do mês de julho.

Mês	
Tipo Avaria	Avaria

Turno	Nº de Intervenções	Nº de Técnicos	Taxa de Esforço
1º	743	7	106,1
2º	573	5	114,6
3º	68	2	34,0

Dado que a taxa de esforço é pior no segundo turno, decidiu-se utilizar como referência para as futuras análises o valor da taxa de esforço por hora deste mesmo turno. Fazendo a divisão pelas oito horas de trabalho, para o mês de julho, obtém-se como limite máximo de intervenções por hora 14,33. Assim, todos os valores acima deste serão considerados críticos.

Com o intuito de extrair mais informação da Figura 36, dividiu-se o primeiro turno em 4 subgrupos, sendo estes: das 6h às 8h; das 8h às 10h; das 10h às 12h e das 12h às 14h. Desta forma, compreender-se-ia se existia alguma tendência das avarias em algum período específico. O resultado foi o seguinte:

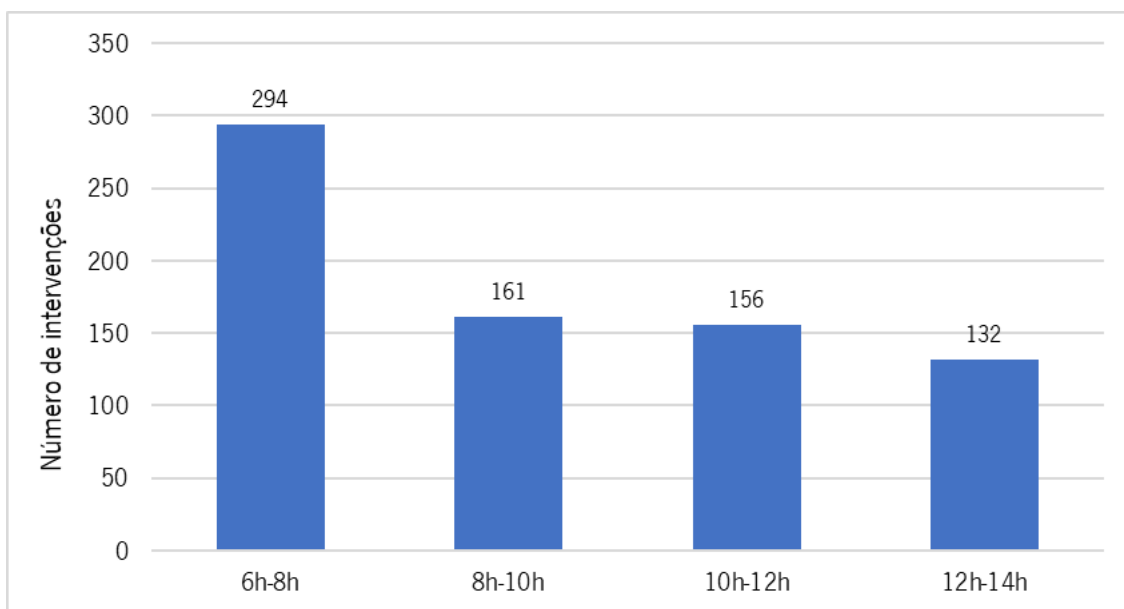


Figura 37 - Distribuição das intervenções pelos quatro subgrupos do 1º turno, do mês de julho.

Da Figura 37 entende-se que o período crítico de avarias no mês de julho é das 6h às 8h. De seguida, fez-se uma verificação nos restantes meses de 2020, tendo sido notório que havia um padrão no qual o período crítico de avarias se encontrava no intervalo mencionado. Desta vez, por forma a confirmar que o número de intervenções por técnico superava o valor médio de intervenções por hora do segundo turno, recorreu-se à Figura 38, onde é possível afirmar que, realmente, nas primeiras duas horas do dia, o número de intervenções por técnico atingiu um valor muito superior (21) às 14,3 registadas em média pelo segundo turno.

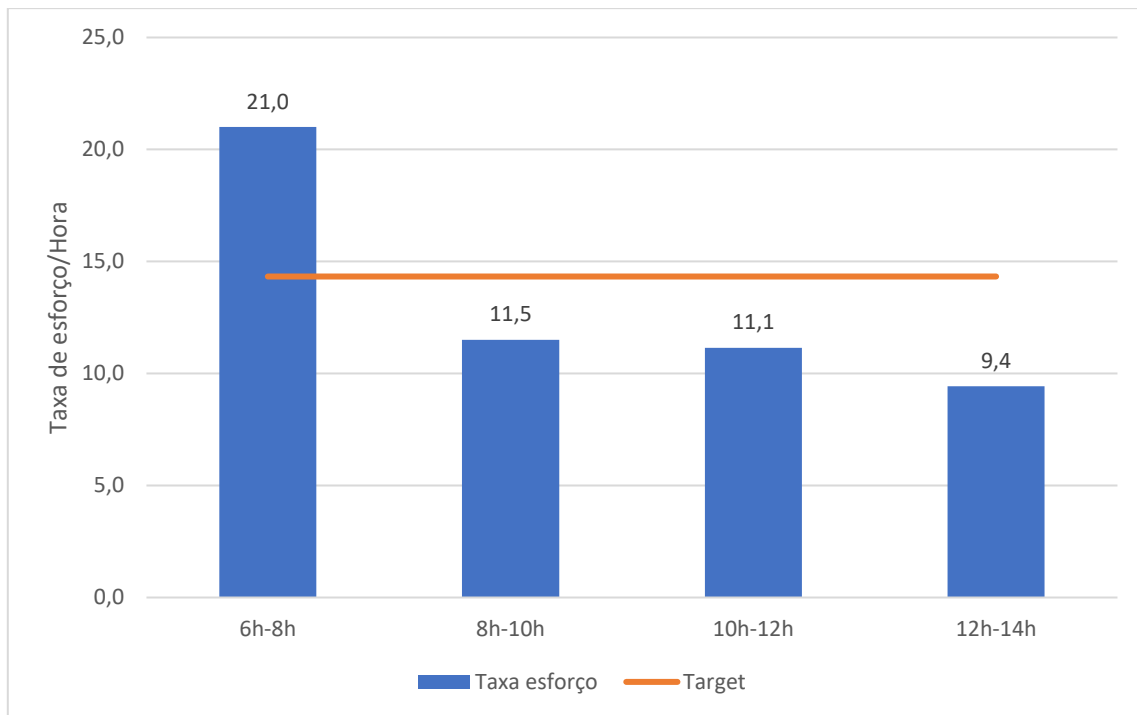


Figura 38 - Taxa de esforço por hora dos quatro subgrupos do primeiro turno.

Após a obtenção desta informação, questionou-se se o problema não teria sucedido devido ao arranque das linhas, pois houve linhas que não trabalham em terceiro turno, tendo arrancando no primeiro. Contudo, para se garantir que o problema advinha do arranque, foi preciso que as avarias tivessem ocorrido na primeira meia hora (das 6h às 6h30). É sabido que o arranque de produção constitui um momento potenciador de complicações, uma vez que é necessário iniciar os equipamentos, e é nesta circunstância que os mesmos estão mais propícios a avarias. Para comprovar esta veracidade, surgiu a necessidade de subdividir o período crítico novamente em quatro subgrupos: das 6h às 6h30; das 6h30 às 7h; das 7h às 7h30; das 7h30 às 8h, como se observa na Figura 39.

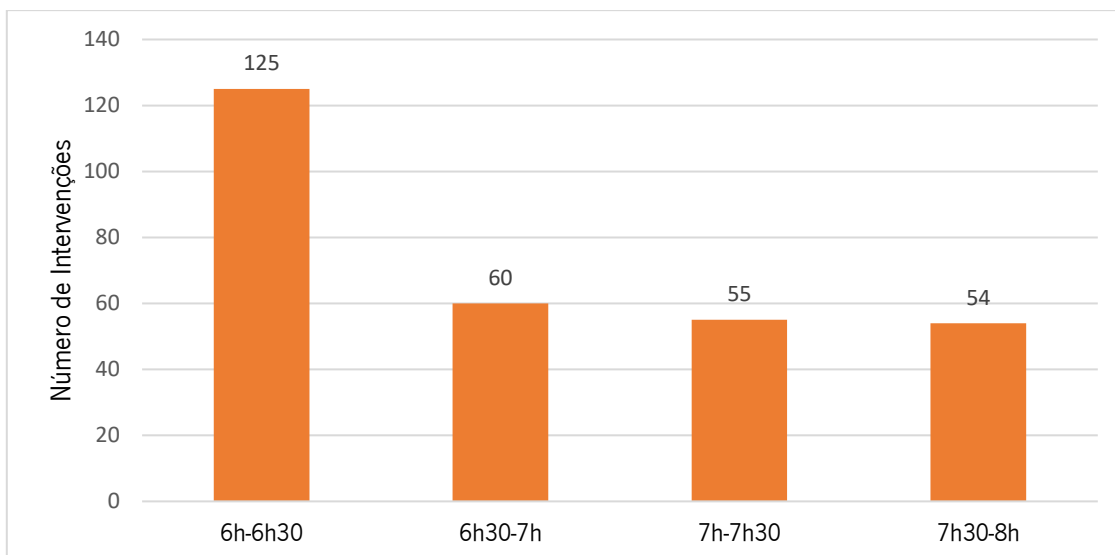


Figura 39 - Distribuição das intervenções pelos quatro subgrupos do período crítico (6h-8h), do mês de julho.

Com isto, evidenciou-se que o problema se encontrava efetivamente concentrado no período compreendido entre as 6h e as 6h30min, em que o número de solicitações representava o dobro dos intervalos seguintes. No presente documento encontra-se apenas indicados os valores para o mês de julho, porém, o estudo revelou que é assim desde janeiro do presente ano.

Decidiu-se comparar os dados com a taxa de esforço do segundo turno. Para tal, foi necessário dividir os 114,6 da taxa de esforço para as 8 horas de trabalho por 16, obtendo deste modo o valor da taxa de esforço por cada meia hora. O valor limite no mês de julho resultou assim igual a 7,2. Desta forma, analisando a Figura 40, depreende-se que a taxa de esforço é realmente bastante superior no primeiro intervalo.

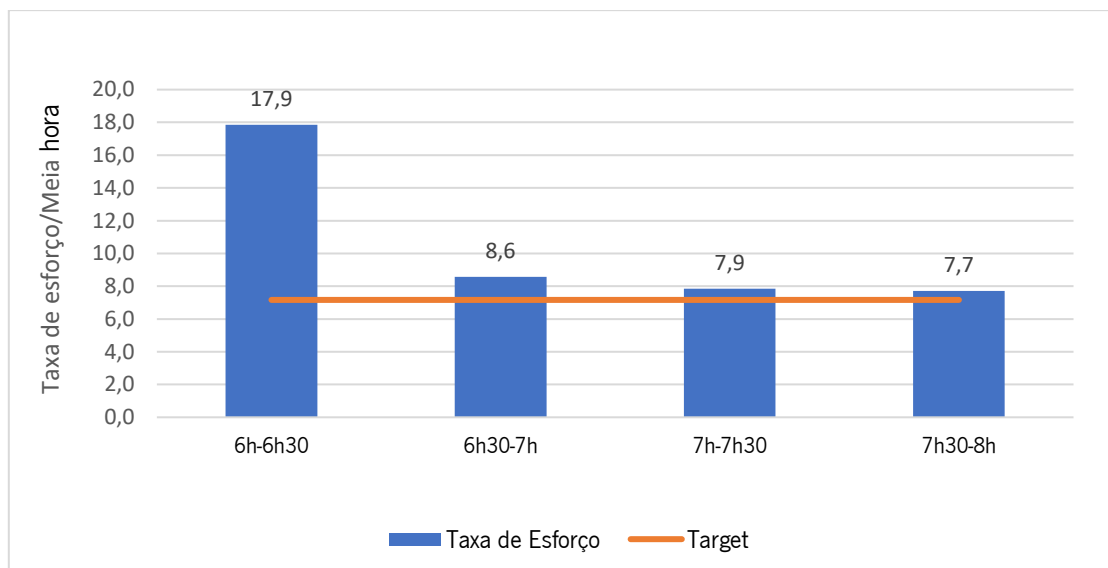


Figura 40 - Taxa de esforço por meia hora dos quatro subgrupos do período crítico.

Porém, após uma extensa análise das entradas como avarias no OEE, concluiu-se que em muitas destas o problema é mais humano do que técnico, ou seja, grande parte das supostas avarias encontram justificção em deficiente formação dos operadores que acabam por registar como avarias ocorrências resultantes do desconhecimento, por exemplo, da “Posição Inicial” de uma máquina, do acionamento de um dispositivo ou, por outro lado, a inexistência de peças de trabalho nas Linhas Flex EOL ou Pratos Rotativos EOL na transição de turno, fazendo com que o arranque destes equipamentos demore mais que o previsto, entre outras possibilidades. Todavia, não se pôde afirmar que este fosse realmente o problema. Então, o passo seguinte consistiu em compreender se as avarias eram maioritariamente nas mesmas linhas produtivas, para se entender se havia alguma correlação que pudesse fazer mais sentido, Figura 41.

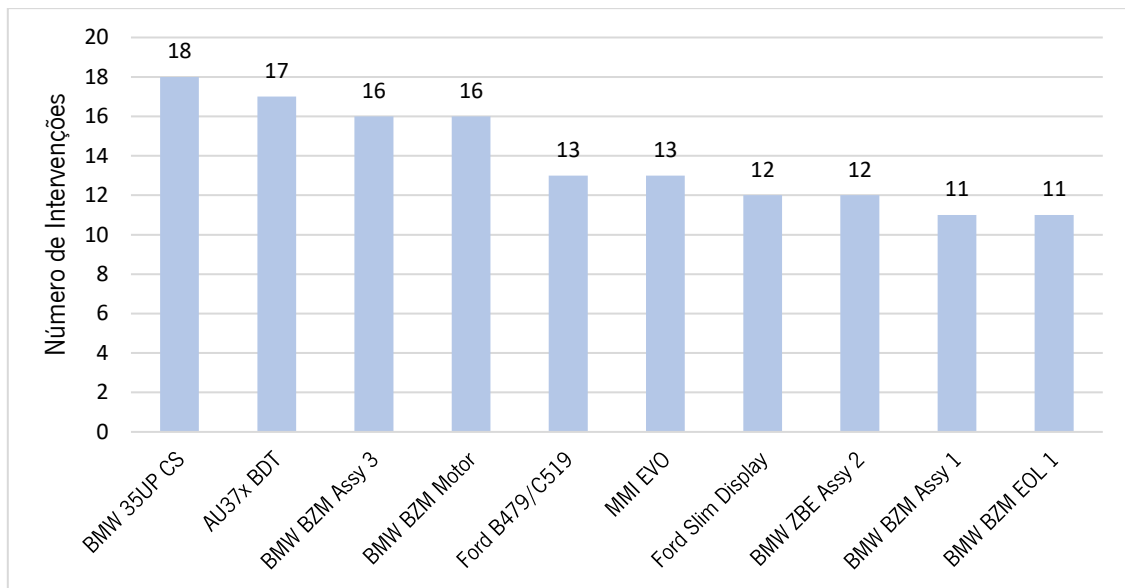


Figura 41 - Número de intervenções às linhas no período das 6 horas até às 8 horas.

Considerou-se, para o efeito, apenas as dez linhas com mais intervenções no período compreendido entre as 6 horas e as 8 horas das linhas produtivas da montagem. Após este estudo, reparou-se que havia repetibilidade de algumas das linhas, nomeadamente, na BMW 35UP CS, BMW BZM ASSY 3, ZBE ASSY 2, entre outras.

Esta observação carecia de mais tempo para se conseguir chegar ao cerne da questão e ser possível tomar alguma medida em concreto, como por exemplo, saber quais os equipamentos que não se podiam desligar no fim do segundo turno, de forma a que no dia seguinte não houvesse problemas com o arranque.

Para além de ser necessário mais tempo para a investigação, à medida que o estudo relativo à disponibilidade do primeiro turno foi sendo desenvolvida, concluiu-se que alguns dos campos do *software* OEE deveriam ser alterados, de forma a que se conseguisse trabalhar a informação como se pretendia. Assim, foi sugerido ao Departamento da Informática a modificação de alguns campos, designadamente, aquando da descrição da avaria apareciam duas entradas “Causa” e “Ação” da avaria. Nestes, os técnicos tinham a possibilidade de escrever qual tinha sido a causa e a ação da intervenção. Apesar de ser uma mais-valia, no momento de se efetuar a análise tornava-se impossível, dado o facto de cada técnico possuir uma forma específica de escrita, obtendo assim milhares de entradas de dados no *Excel*.

Nesse sentido, o que ficou estipulado foi ter certas opções que englobam a maioria das intervenções realizadas pelos técnicos quer para as causas, quer para as ações. Adicionalmente, foram introduzidos

dois novos campos com o “Tipo de Avaria”, e se trata do tipo mecânico, elétrico, pneumático, *software*, entre outros e, o “Campo de Observações”. Assim, no “Tipo de Avaria”, na “Causa” e na “Ação”, o técnico passou a ser obrigado a selecionar a partir das opções expostas, para que no futuro se consiga fazer a análise desta formação. Por outro lado, como uma forma complementar, passou a exibir-se um campo de observações, onde será possível efetuar um descritivo mais detalhado do que se realizou.

Porém, este pedido ao Departamento da Informática ainda se encontra em desenvolvimento. Desta forma, ainda não se consegue obter conclusões concretas do pretendido.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste último capítulo são apresentadas as considerações finais relativas a todo o projeto desenvolvido, bem como, sugestões de trabalhos futuros com o intuito de se obter alguns resultados que não se conseguiram atingir durante a execução desta Dissertação.

6.1. Considerações finais

Este projeto tinha dois principais objetivos: (a) a realização da alteração dos planos de manutenção com o propósito de tornar a manutenção preventiva mais eficiente e, (b) realizar a análise dos principais indicadores de desempenho com o intuito de perceber de que forma se desenvolve a evolução dos mesmos, consoante o que acontece em contexto produtivo.

De facto, um dos problemas sentidos na organização (Preh Portugal, Lda.) residia no excesso de tipologias existentes nas diferentes *checklists*, o que se traduzia numa ineficiência da atividade da manutenção. Em virtude da desatualização dos planos de manutenção, o resultado obtido traduziu-se no seu incumprimento, por parte dos técnicos, aquando da execução da manutenção preventiva. No antigo formato, as listas de tarefas não possuíam um processo *standard* para todas as *checklists*, o que resultava em diferentes listas de tarefas para os mesmos processos; as tarefas não tinham um seguimento lógico para a execução das operações, o que conduzia a erros humanos motivados por esquecimento de algumas ações no momento de criação do novo plano de manutenção; não existia um local próprio na ordem de manutenção preventiva para validar a tarefa executada, podendo resultar num esquecimento por parte do técnico, entre outras. A ausência de procedimentos no momento de criação da *checklist* e, consequentemente, dos planos de manutenção conduziram a práticas de manutenção preventiva ineficiente, com perdas do indicador de disponibilidade dos equipamentos.

Assim, com as alterações que se realizaram, desde a divisão dos equipamentos por três grandes famílias; a criação de listas de tarefas padrão para os processos e não para os equipamentos, com a devida conceção de documentos *Word* para cada uma delas, o que agiliza grandemente o processo de implementação de novos planos de manutenção; a atribuição de uma ordem cronológica a cada uma das operações, que orienta o autor das novas *checklists* evitando a omissão de alguma ação e, por último, o facto de as listas de tarefas se basearem nas recomendações do fabricante e no histórico de avarias da empresa, resultando, assim, numa manutenção aos equipamentos mais pormenorizada. A combinação de todos estes aspetos colmatou na redução do desperdício de tempo quer para a pessoa

que cria estes documentos, quer para o técnico que executa a manutenção preventiva aos equipamentos. Desta forma, conseguir-se-á uma manutenção preventiva mais eficiente.

Por outro lado, a análise de indicadores de desempenho como a Disponibilidade, o Tempo Médio Entre Avarias, o Tempo Médio Para Reparação, revelou-se muito importante, dado que, através do seu estudo, conseguiu-se uma familiarização com as diferentes linhas produtivas, percebendo claramente quais são as que apresentam uma maior tendência para avarias e, de que forma os indicadores acima mencionados são afetados por as mesmas. Complementarmente, capacitou-se para a importância que o Tempo Médio Para Assistência tem numa organização industrial, uma vez que da sua análise obtém-se a forma como a equipa de manutenção corresponde às solicitações.

A implementação do projeto RED foi uma mais-valia, devido ao facto de se investigar quais as causas para as avarias dos equipamentos, executando ações de melhoria para que as mesmas não voltem a acontecer. Como consequência da sua execução, conseguiu-se uma melhoria significativa da disponibilidade dos equipamentos, bem como, o renovado interesse por parte de alguns dos técnicos da manutenção.

No que concerne ao estudo do indicador de disponibilidade do primeiro turno, foi importante no sentido em que se ficou elucidado de que o problema se encontrava no período das 6 horas até às 8 horas, mais propriamente, no designado período crítico, das 6 horas até às 6 horas e 30 minutos. Porém, até à data, não foi possível apontar uma causa em concreto para esta ocorrência.

Em suma, é possível concluir que, face ao que se pretendia com esta Dissertação, se alcançou o resultado esperado.

6.2. Trabalhos Futuros

Como propostas de trabalhos futuros e face ao desfecho desta Dissertação, recomenda-se o acompanhamento dos técnicos aquando da manutenção preventiva, no sentido de os incentivar a utilizar a *checklist* implementada para cada item de manutenção, explicitando claramente quais os benefícios da sua utilização, uma vez que não foi possível realizar este procedimento com todos os técnicos da equipa.

Após a implementação dos novos campos no programa OEE da empresa, será interessante analisar quais são as avarias mais comuns nos equipamentos e quais as ações que normalmente são levadas a cabo por os técnicos para as solucionar. O objetivo passa por criar um *troubleshooting*, isto é, um

diagrama que indica possíveis problemas que o equipamento pode apresentar, com as suas causas e como proceder diante cada problema. Com isto, pequenas avarias poderão ser solucionadas pelos operadores, sem a intervenção dos técnicos. Deste modo, será possível libertá-los para a reparação de avarias mais problemáticas ou para projetos de melhorias dos dispositivos.

Relativamente à análise do primeiro turno, é necessário continuar a investigar o problema e, se possível, iniciar os arranques dos equipamentos noutro turno. Se o problema transitasse para o turno em questão, saber-se-ia que o problema não se encontra no turno, mas sim, no acionamento dos dispositivos.

Por fim, certamente que outras problemáticas irão surgir para satisfazer diferentes necessidades, sendo importante manter uma mentalidade pronta para a evolução, com o intuito de conseguir os melhores resultados possíveis.

7. Bibliografia

- (s.d.). Obtido de <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>
- (03 de 2020). Obtido de Preh: <https://www.preh.com/en/contact/contact.html>
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. McGraw-Hill,.
- Cabral, J. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. LIDEL.
- Cabrita, C. M., & Silva, C. M. (2002). *Organização e Gestão da Manutenção Industrial*. Universidade da Beira Interior: Unidade Científica e Pedagógica de Ciências de Engenharia.
- Damas, L. (2007). *SQL – Structured Query Language*. Lidel.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance – A Modern Approach*. CRC Press.
- Hansen, R. C. (2001). *Overall Equipment Effectiveness – A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits*. Industrial Press, Inc.
- KARDEC, A., & NASCIF, J. (2005). *Manutenção Função Estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Manual do Colaborador . (julho de 2018).
- McKenna, T., & Oliverson, R. (1997). *Glossary of Reliability and Maintenance Terms*. Houston, Texas: Gulf Publishing Co.
- Moubray, J. (1997). *Reliability – Centered Maintenance*. Industrial Press Inc.
- MTBF, MTTR, MTTA, and MTTF*. (27 de Março de 2020). Obtido de Atlassian Incident Management: <https://www.atlassian.com/incident-management/kpis/common-metrics>
- Nakajima, S. (Outubro de 1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.
- Niebel, B. (1994). *Engineering Maintenance Management*. New York: Marcel Dekker.
- (s.d.). *Norma Francesa NF X60-000 (AFNOR)*. Association Français de Normalisation.
- (2007). *Norma Portuguesa NP EN 13306:2007*. Instituto Português da Qualidade.
- Parmenter, D. (2007). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs*. Wiley.
- SAP ERP*. (s.d.). Obtido de Planeamento de recursos empresariais .

SAP ERP. (1 de Junho de 2020). Obtido de Planeamento de Recursos Empresariais:

<https://www.sap.com/portugal/products/enterprise-management-erp.html>

Smith, D. J. (1997). *Reliability, Maintainability and Risk*. Butterworth-Heinemann,.

ANEXO 1 – *Layout* produtivo da área da Montagem da Preh Portugal

Na Figura A1. 1 encontram-se as três áreas produtivas que estão ao cargo da Montagem com as linhas da BMW, AUDI, FORD, PORSCHE DAIMLER, bem como a oficina de manutenção que é partilhada pelos técnicos da área da Montagem e SMD.



Figura A1. 1 - *Layout* da divisão das áreas da Montagem.

ANEXO 2 – Folha de *Excel* com as modificações das *checklists*

Neste anexo ilustram-se todas as listas de tarefas que sofreram alteração ao longo do processo de atualização para a criação de *checklists*.

Tipo de roteiro	GrpListar	Numdi.grp.rot	Texto breve	Status	Observações
A	447	1	APARAFUSADORA PNEUMÁTICA C/ CONTROLADOR	Concluído_Aprovado	A sequência está atualizada no Word
A	447	2	APARAFUSADORA ELÉTRICA DEPRAG C/CONTROLADOR	Concluído_Aprovado	A sequência está atualizada no Word e acrescentada as 2 últimas tarefas da operação Sistema Elétrico
A	447	3	APARAFUSADORA DOGA	Concluído_Aprovado	A sequência está atualizada no Word
A	447	4	APARAFUSADORA ELÉTRICA DESOUTER C/CONTROLADOR	Concluído_Aprovado	A sequência está atualizada no Word
A	447	5	APARAFUSADORA PNEUMÁTICA S/ CONTROLADOR	Concluído_Aprovado	A sequência está atualizada no Word
A	479	2	Linha Flex EOL	Concluído_Aprovado	
A	479	3	EOL Dispositivo acustica e Haptic	Desativado	Eliminado dos Planos
A	479	4	Linha Flex EOL c/ Robot KUKA	Concluído_Aprovado	Linha 35UP HSTL
A	480	2	Prato rotativo UIF	Desativado	Eliminado dos Planos
A	480	3	Prato Rotativo EOL	Concluído_Aprovado	Itens de manutenção: 18573 e 20724
A	480	4	Prato Rotativo Montagem (ex: UIF)	Desativado	Eliminado dos planos
A	480	5	Prato Rotativo c/ Robot e colagem	Desativado	Eliminado dos planos
A	480	6	Prato Rotativo c/ Robot	Desativado	Eliminado dos planos
A	480	7	Prato Rotativo EOL c/ Laser	Concluído_Aprovado	Inserido Item de manutenção: 18664
A	480	8	Prato Rotativo EOL c/ Robot KUKA	Concluído_Aprovado	EOL ZBE 1,2 e 3; OP20 Ford Slim
A	480	9	Prato Rotativo c/ Bonding	Concluído_Aprovado	Zamack_Colagem do Motor 1 e 2; Prato rotativo 35UP Klimatronic
A	480	10	Prato Rotativo c/ Robot EPSON e Bonding	Concluído_Aprovado	Zamack 1 e 2
A	480	11	Prato Rotativo c/ Robot KUKA e Bonding	Concluído_Aprovado	Metal Sheets e Prato Rotativo Swarovski
A	480	12	Prato Rotativo Pick&Place c/ Plasma	Concluído_Aprovado	Itens novos criados para OP30 e OP31, respetivamente, 20835 e 20836
A	482	1	Limpeza/Subst. Contactos ODU	Concluído_Aprovado	Não está a ser utilizada até à data de 13-7-2020
A	482	2	Limpeza/Subst. Contactos INGUN/POGO	Concluído_Aprovado	Contactos: EOL Flex 35UP_G01 e EOL B479/B515. futuramente esta checklist será desactivada porque estas instruções estão contempladas nos novos planos "Manu05", ou seja isto só é utilizado para planos de linhas antigas
A	483	1	Dispositivos Montagem	Concluído_Aprovado	
A	483	3	DESACTIVADO	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	4	Desactivado lubrifi flex com robot epson	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	5	Dispositivos Pick & Place com Robot	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	6	Dispositivos Montagem "Fim de vida"	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	7	Disp Lubrificação c/ Ecopen	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	8	Disp Lubrificação c/ DOPAG	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	9	Disp Lubrificação c/ SOMA E ROBOT KUKA	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	10	Disp Univ Lubrificação Ecopen/Robot Epso	Desativado	Eliminado dos Planos
A	483	11	Dispositivos Pick&Place com Robot Epsom	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 483_5)
A	483	12	Dispositivos Montagem "Fim de Vida"	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 483_6)
A	483	13	Dispositivos Lubrificação c/Ecopen	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 483_7)
A	483	14	Dispositivos Lubrificação c/ DOPAG	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 483_8)
A	483	15	Dispositivos Lubrifi. c/SOMA e Robot KUKA	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 483_9)
A	483	16	Disp. Lubrif. Ecopen c/Robot Epsom	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 483_10)
A	483	17	Dispositivos Acústica e Haptic	Concluído_Aprovado	Inserido nos planos (subst 479_3) + item: 18571 (Acústica Porsche)
A	483	18	Dispositivos c/ Plasma	Concluído_Aprovado	
A	484	1	Aferir Barras de ionização	Desativado	Eliminado dos Planos
A	485	1	CORTANTES Trimestral	Desativado	Eliminado dos Planos
A	485	2	Cortantes	Concluído_Aprovado	Atualizado os Planos
A	486	1	Estação DELO _UV	Desativado	Eliminado dos Planos _nos novos planos já está inserido no bonding
A	555	1	Laser Universal _ Foba	Desactivada e substituída pela nova checklist	Associado a itens da Injeção. Criada a Checklist geral para o laser 636_1 "LASER"
A	555	2	Laser Universal XYZ _ Foba	636 e substituída nos planos da pintura	
A	555	3	Laser Universal XYZ _Rofin		
A	556	1	Manutenção Anual Robot KUKA	Concluído_Aprovado	Utilizado para requisitar serviços externos/ fornecedor KUKA. Contudo, esta actividade já está inserida na checklist normalizada de maquinas com robot KUKA, Plano: 10452
A	636	1	LASER	Concluído_Aprovado	Checklist nova. Os itens associados à 636_1 e 636_2 ficaram todos nesta.
A	636	2	Medição Potência Laser	Desativado	Eliminado dos Planos e alterar o item " medição potencia laser" para "Laser"
A	636	3	Limpeza diária dos laser	Concluído_Aprovado	
A	636	4	Laser limpeza metal " Clean Laser"	Desativado	Não era utilizada nos planos
A	677	2	ROBOT KUKA _ injeção	Concluído_Aprovado	Associado a itens da Injeção, para a montagem não faz sentido, pois já se encontram nas checklists dos equipamentos
A	679	1	Impressora CAB rastreabilidade	Concluído_Aprovado	Item: 18948
A	743	1	SEGURANÇA MÁQUINAS	Concluído_Aprovado	Novos planos executados e instrução inserida na checklist
A	745	1	Metal Sheet	Desativado	Eliminado dos planos, atualmente checklist 480_11
A	746	1	CleanLaser	Concluído_Aprovado	Utilizado no clean laser B2M / ZBE
A	795	1	Plasma	Cancelado _já está incluído nas checklist de "dispositivos" e "Pratos rotativos"	Eliminar, uma vez que se criou duas checklists: Prato Rotativo Pick&Place c/ Plasma e Dispositivos c/ Plasma
A	808	1	Ferramenta de Inserção da Mola	Concluído_Aprovado	Utilizado no Plano "Ferramenta de Inserção da Mola AU37x"
A	812	1	Película Condutora do EVO	Concluído_Aprovado	Utilizado no Item "Película Calibração TouchPad" (20853)

Figura A1. 2 - Folha *Excel* com todas as alterações às *checklists* efetuadas.

ANEXO 3 – Ordem de manutenção exemplificativa

A Figura A1. 3 é o aspeto final de uma ordem de manutenção preventiva, onde é possível observar que está designada ao técnico Jorge Varela, qual o equipamento, o centro de custo, entre outras informações.

A *checklist* associada a este item é a 483_11 “Dispositivos Pick&Place com Robot Epson”.

03.08.2020	BARBOSA_S1	Original	Página 1	Ordem 31467962
------------	------------	----------	----------	----------------

Ordem	31467962	L30W Encom.manutenção preventiva Portugal	
Descrição	Varela_disp Pick & Place BZM2		
Data de início	01.08.2020	Data final	31.08.2020
Loc. instalação	M-MBA-003173	Linha	BMW BZM AUT 2 332
Equipamento	1050141	OP 101 silicone balls BZM AUT2 _ 332	
Conjunto			
Localização	01-00-11	Sala	
Centro custo	3682		
Grupo planej.PM	220	J. Santos	Centro PM 3000
Ctrl.trab.resp.	0252 3000	Montagem_Jorge Lemos	
Plano manut.	10804	Itm.plano man.	18779
Nº revisão			

Confirmação (data, assinatura): _____

Texto de confirmação: _____

Chefe de manutenção: _____

Barcode Ordem



Operação 0001 PCA e ICA

Operação 0001 0301 Fechar ICA

Fechar ICA

Consultar histórico de ICA N/A()OK()NOK()

Concluir tarefas assinaladas ICA PCA N/A()OK()NOK()

Operação	0002	VERIFICAR EXE. MANUT. 1º NÍVEL (TRIM)
Operação	0002 0302	Manutenção 1º nível

Manutenção 1º nível

Manutenção de 1º nível executada? OK()NOK()

03.08.2020 BARBOSA_S1 Original Página 2 Ordem 31467962

Operação 0010 MECÂNICO GERAL_PRENHA_NINHO (TRIM)

Operação 0010 0310 Mecânico Geral

Mecânico Geral

Verif. máquina quanto a defeitos externos (danos)	OK()NOK()
Analisar movimentos mecânicos	OK()NOK()
Verif. desgaste guias e articulações	OK()NOK()
Verif. aperto de batentes	OK()NOK()
Verif/substituir molas se necessário	OK()NOK()
Verif. limpar e lubrificar guias	OK()NOK()
Verif. estado de partes móveis	OK()NOK()
Executar trabalhos específicos de fornecedor	OK()NOK()

Operação 0010 0311 Prensa e Ninho

Prensa e Ninho

Limpar e lubrificar guias e casquilhos indexação	OK()NOK()
Limpar e lubrificar guias das colunas	OK()NOK()
Limpar guias dos cilindros	OK()NOK()
Limpar e/ou lubrificar molas e calcadores	OK()NOK()
Substituir borrachas dos calcadores	OK()NOK()N/A()
Verif/Substituir válvula de retenção da prensa	OK()NOK()
Verif/Substituir travão da prensa ou substituir	OK()NOK()

Operação 0020 PNEUM.GERAL_MESAS_VÁCUO_IONIZ (TRIM)

PNEUM.GERAL_MESAS_VÁCUO_IONIZ (TRIM)ADOR

Operação 0020 0320 Pneumático Geral
Pneumático Geral

Verif. estado dos tubos de ar comprimido OK()NOK()

NOTA:

Em caso de desgaste efectuar a substituição imediata ou efectuar ordem de reparação para intervenção futura (a ser efectuada pelo responsável da manutenção preventiva).

Verif/ajustar regulador de entrada entre 5 a 6 Bar	OK()NOK()
Verif/ajustar marcador de Pmax. e Pmin.	OK()NOK()
Verif/ajustar reg. de baixa pressão entre 2 a 3 Bar	OK()NOK()
Verif/ajustar marcador de Pmax. e Pmin.	OK()NOK()
Limpar/substituir filtros das electro válvulas	OK()NOK()
Limpar hastes do pistão dos cilindros	OK()NOK()
Verif. velocidade e amortecimento dos cilindros	OK()NOK()
Verif. apertos de finais de curso(batentes)	OK()NOK()
Verif. desgaste das guias e casquilhos e/ou patins	OK()NOK()
Lubrif. guias casquil. e/ou patins pela recomendação	OK()NOK()
Verif/eliminar fugas nas válvulas	OK()NOK()
Verif/eliminar fugas de ar comprimido	OK()NOK()
Verificar fixação dos sensores e cabos	OK()NOK()

Operação 0020 0321 Sistema de Vácuo
Sistema de Vácuo

Verif/substituir ventosas,se necessário	OK()NOK()
Verif/substituir filtro de vácuo,se necessário	OK()NOK()

Operação 0020 0322 Mesas - Cilindro Pneumático
Mesas - Cilindro Pneumático

Limpeza da haste	OK()NOK()N/A()
Substituir cilindro em caso de fuga	OK()NOK()N/A()
Verificar/ajustar reguladores	OK()NOK()N/A()
Verificar fixação dos sensores	OK()NOK()N/A()

Operação 0020 0323 Ionizador
Ionizador

Limpar eletrodos	OK()NOK()N/A()
Testar sistema e substituição de eletrodos, se necessário	OK()NOK()N/A()

Operação 0040 ELÉT_CAL_ESD_TER_SENS_SCAN_UPS_QE (TRIM)

ELÉT_CAL_ESD_TER_SENS_SCAN_UPS_QE (TRIM) (TRIM)

Operação 0040 0340 Calhas Articuladas e Cabos

Calhas Articuladas e Cabos

Verif/retificar calhas articuladas, cabos e tubos OK()NOK()

Verif. estado de cabos elétricos OK()NOK()

NOTA:

Em caso de desgaste efetuar a substituição imediata ou efetuar ordem de reparação para intervenção futura (a ser efetuada pelo responsável da manutenção preventiva)

Operação 0040 0341 Ligações ESD e Terra

Ligações ESD e Terra

Verificar estado dos cabos e terminais ESD OK()NOK()

Verificar estado dos cabos terra do equipamento OK()NOK()

Operação 0040 0342 Sensores Indutivos/Capacitivos e Óticos

Sensores Indutivos/Capacitivos e Óticos

Verif/limpar sensores indutivos, capacit. e óticos OK()NOK()

Verif. conectores e coletores dos sinais elétricos OK()NOK()

Realiz o reaperto dos conect. no coletor de sinais OK()NOK()

Testar funcionalidade OK()NOK()

Operação 0040 0343 Sensores Analógicos

Sensores Analógicos

Verif. estado sensores analógicos	OK()NOK()
Verif fixação sensores e guias de deslizamento	OK()NOK()
Verificar estado dos cabos e fixação	OK()NOK()
Verif. conectores e coletores dos sinais elétricos	OK()NOK()
Realiz o reaperto dos conect. no coletor de sinais	OK()NOK()
Existe calibre de aferição	Sim()Não()
Se sim, efetuar teste de confirmação/validação	OK()NOK()

Operação 0040 0344 Scanners

Scanners

Verificar estado cabos, incluindo interior calhas	OK()NOK()
Verificar estado fichas de ligação	OK()NOK()
Verificar fixação do scanner	OK()NOK()
Verificar estado etiqueta do IP	OK()NOK()
Efetuar backup do perfil	OK()NOK()
Efetuar limpeza da lente do scanner	OK()NOK()
Efetuar teste funcional	OK()NOK()
Validar a percentagem de validação>60%	OK()NOK()

Operação 0040 0345 Rede de Dados Interna

Rede de Dados Interna

Verificar estado dos cabos e fichas RJ45	OK()NOK()
Verificar fixação do switch de rede	OK()NOK()NA()
Analisar se existem portas danificadas e, caso existam, substituir switch	OK()NOK()NA()

Operação 0040 0346 Quadro Elétrico

Quadro Elétrico

Verif. estado sinais luminosos (efetuar teste)	OK()NOK()
Verif/substituir filtro	OK()NOK()
Limpar quadro eléctrico	OK()NOK()
Verif/ajustar tensão das fontes de alimentação	OK()NOK()

NOTA:

Se a tensão de alimentação se encontrar fora do range definido realizar ajuste ou substituir a fonte caso necessário.

Testar seguranças das portas e botões emergência	OK()NOK()
Verificar existência de manual	OK()NOK()

Operação 0040 0347 UPS

UPS

Validar parametrização da UPS (power shut)

OK()NOK()

Verificar estado e executar teste da UPS

OK()NOK()

Nota:

Se necessário, proceder à substituição e/ou requisição de UPS

Operação 0045 EIXO ELÉTRICO IAI (TRIM)

Operação 0045 0345 Eixo Elétrico IAI

Eixo Elétrico IAI

Passar um pano macio para remover sujidade OK()NOK()N/A()

Nota: nunca passar ar comprimido, para o pó não entrar para espaços pequenos. Nunca aplicar nenhum solvente ou álcool.

Verif. se parafusos do atuador estão soltos OK()NOK()N/A()

Verificar se os cabos estão danificados OK()NOK()N/A()

Verif. se existe ruído estranho ou vibração OK()NOK()N/A()

Operação 0050 ROBOT EPSON INTERNO (TRIM)

Operação 0050 0350 Verificação Geral Robot

Verificação Geral Robot

NOTA:

Precauções gerais antes de iniciar os trabalhos de manutenção em equipamentos:

Peça a uma segunda pessoa para permanecer perto do local de trabalho.

Esta pessoa deve ser conhecedora do local dos interruptores de emergência e de corte de energia e como acionar em caso de emergência.

Para melhor consulta utilizar documentação do fabricante em:

\\Pttffs01\ep\TM - Maintenance\CheckList\800 a 999 -

Montagem\Manuais\Robots EPP\EPSON\Manual\English

Verificar folga dos parafusos. Aperte-os, se necessário.

(Para o torque de aperto, consulte manual Manutenção: 2.4 Aperto)

Parafusos de montagem do manipulador OK()NOK()

Parafusos de travamento de cada braço OK()NOK()

Parafusos ao redor do eixo OK()NOK()

Parafusos de fixação de motores, redutores... OK()NOK()

Verificar a existência de corpos estranhos ou peças defeituosas, frouxas ou soltas no robot industrial OK()NOK()

Operação 0050 0351 Sistema Elétrico Robot

Sistema Elétrico Robot

Verificar sinais sensores	OK()NOK()
Verificar correto aperto cabos e coletores sinais	OK()NOK()
Verificar cabos danificados e substituir	OK()NOK()
Verificar cabos conexão, estão conectados corretamente e os conectores travados?	OK()NOK()

Operação 0054 PICK&PLACE_END OF ARM TOOLING (TRIM)

Operação 0054 0354 Verificação Pick&Place

Verificação Pick&Place

Verificar movimentos e acelerações cilindros	OK()NOK()
Verificar limpar guias e lubrificar	OK()NOK()
Verificar molas e substituir caso necessário	OK()NOK()
Verificar "urethanes" substituir caso necessário	OK()NOK()
Verificar fugas de ar comprimido pinças	OK()NOK()
Verificar finais de curso pinças	OK()NOK()
Verificar\substituir parafusos danificados	OK()NOK()
Verificar substituir amortecedores (se necessário)	OK()NOK()
Verificar substituir "Pads" Vácuo	OK()NOK()
Verificar substituir Pré- filtros vácuo	OK()NOK()
Verificar substituir filtros válvulas vácuo	OK()NOK()
Verificar fixação conjunto	OK()NOK()
Verificar correto posicionamento de "Pick"	OK()NOK()
Verificar correto posicionamento de "Place"	OK()NOK()
Verif. correta movimentação do conjunto em produção	OK()NOK()

Operação 0054 0355 Sistema Elétrico

Sistema Elétrico

Verificar sinais sensores	OK()NOK()
Verificar correto aperto cabos e coletores sinais	OK()NOK()
Verificar cabos danificados e substituir	OK()NOK()
Verificar cabos conexão estão conectados corretamente e os conectores travados?	OK()NOK()

03.08.2020 BARBOSA_S1 Original Página 8 Ordem 31467962

Operação 0090 IMPRESSORA/DISPENSADOR (TRIM)

Operação 0090 0390 Limpeza

Limpeza

Limpeza de dispensador OK()NOK()NA()

Limpeza da cabeça de impressão OK()NOK()NA()

Calibrar/ajustar cabeça de impressão OK()NOK()NA()

Operação 0100 NOTAS FINAIS (TRIM)

Operação 0100 0399 Notas Finais

Notas Finais

Realizar teste geral ao equipamento OK()NOK()

Entregar equipamento à produção OK()NOK()

Atualizar/substituir etiqueta de manutenção OK()NOK()

Figura A1. 3 - Ordem de trabalho de uma manutenção preventiva.

ANEXO 4 – Divisão das linhas produtivas da área da montagem

Na Figura A1. 4 encontra-se a divisão da área de montagem em quatro partes, demonstrando onde se localizam as linhas BZM, 35 UP, ZBE e AUDI, FORD, PORSCHE, AMG.

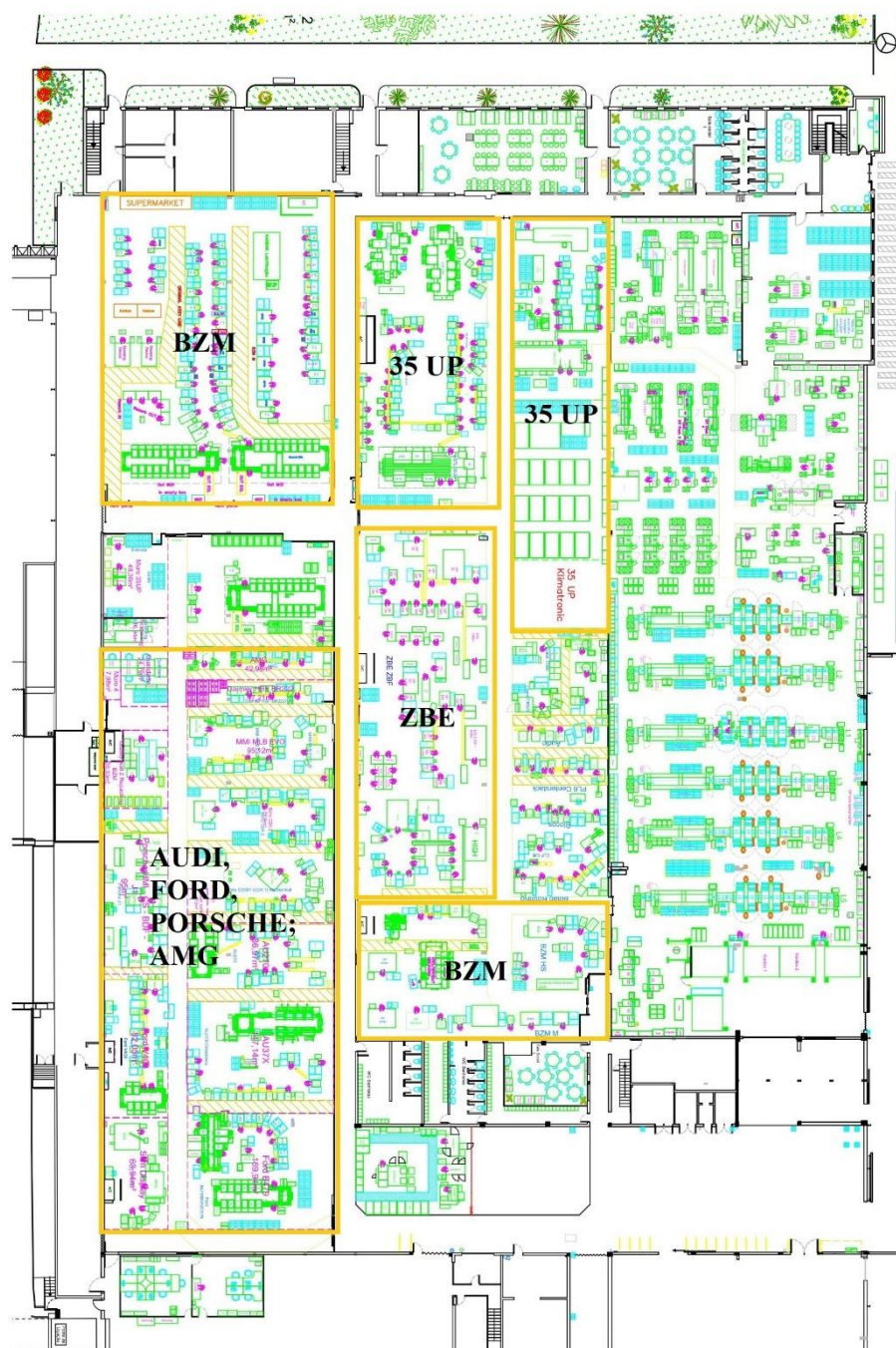


Figura A1. 4 - Divisão das linhas de produção da área da montagem.